

**ESTIMACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO DE LA SOCIEDAD PORTUARIA
RÍO GRANDE UTILIZANDO LA NORMA ISO 14064.**

LINDA VIVIANY DIAZ HERNANDEZ

NAZLY ALEXANDRA RAMOS CONDE



Universidad de la Costa CUC

Departamento Civil y Ambiental

Programa de Ingeniería Ambiental

Barranquilla, Colombia

2017

**ESTIMACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO DE LA SOCIEDAD PORTUARIA
RÍO GRANDE UTILIZANDO LA NORMA ISO 14064.**

Para optar al título de Ingeniero Ambiental

Línea de Investigación:

Química Verde

TESISTAS:

Linda Viviany Díaz Hernández

Nazly Alexandra Ramos Conde

Director de Trabajo de Grado

MSc. Claudia Patricia Herrera Herrera

Codirector de Trabajo de Grado

MSc. Margarita Castillo Ramírez

UNIVERSIDAD DE LA COSTA CUC

Departamento Civil y Ambiental

Programa de Ingeniería Ambiental

Barranquilla, Colombia

2017

Nota de Aceptación.

Presidente del jurado

Jurado

Jurado

Barranquilla, Noviembre de 2017

Dedicatoria

A Dios, por darme la vida, por permitirme llegar hasta donde he llegado, y saber que ha sido mi fortaleza cuando más lo he necesitado, mi confidente en momentos de felicidad y tristeza; sin él mi vida estaría vacía.

A mis padres, Carmen Conde y Hernando Ramos por su esfuerzo, paciencia y amor han hecho de mí una gran persona, por motivarme y enseñarme que la unión hace la fuerza.

A mi abuelita, Cecilia Márquez quien con su amor, paciencia y entrega ha cuidado de mí y ha sido una segunda madre.

A Hugo Gómez, quien me ha enseñado que la paciencia, esfuerzo y perseverancia son la regla de la vida y con su amor me ha alentado en mis momentos más difíciles.

A mi hermana, Giselle Ramos para demostrarte que las cosas se pueden lograr con esfuerzo y paciencia.

A mi Compañera, Linda Díaz, porque su compañía ha sido importante en esta etapa que estamos culminando, desde el inicio fuimos un gran equipo que seguiremos siendo.

A Mis tutoras, Margarita Castillo Ramírez y Claudia Herrera Herrera, por la paciencia, acompañamiento y palabras de fortaleza además de sus conocimientos y tiempo dedicados a este trabajo de grado.

Nazly Alexandra Ramos Conde

Dedicatoria

A Dios, por demostrarme su infinito amor cada día, porque en medio de este proceso me ha enseñado a permanecer y a confiar en sus propósitos. Porque desde que lo conocí no ha dejado de sorprenderme, y en los momentos más difíciles ha llevado mis cargas. A Él, porque de su boca viene la sabiduría, el conocimiento y la inteligencia.

A mis padres, Rafael Díaz y Viviana Hernández por la dedicación y la paciencia que me han brindado durante toda mi vida. Porque han forjado mi carácter y siempre han buscado lo mejor para mí.

A mi familia, porque cada uno ha aportado un granito de arena en mi vida y en cada sueño que he tenido.

A mis amigas, Anyely, Nazly, Yese y Lore, por hacer parte de este gran camino, y por cada momento, bueno o difícil, que hemos pasado para alcanzar nuestro título.

A mis tutoras, Margarita Castillo y Claudia Herrera, por confiar en nosotras y brindarnos su conocimiento y tiempo para sacar adelante este proyecto.

Linda Díaz H.

Contenido

Contenido

Resumen	11
1. Introducción	13
2. Planteamiento del problema	15
3. Objetivos.....	18
3.1. Objetivo general.....	18
3.2. Objetivos específicos	18
4. Antecedentes	19
5. Justificación.....	25
6. Marco teórico	26
6.1 Efecto invernadero	26
6.2 Gases de efecto invernadero (GEI)	26
6.1.1. Dióxido de Carbono.....	26
6.1.2 Metano	27
6.1.3. Óxido Nitroso	27
6.3 Calentamiento global.....	28
6.4 Cambio climático	30
6.5. Huella de carbono.....	30
6.6 Norma ISO 14064	31
6.7. Cálculo de la huella de carbono	33
6.7.1 Factor de emisión.....	34
6.7.2. Potencial de calentamiento global (PCG).....	34
6.7.3. Dióxido de carbono equivalente	35
6.8 Biomasa total.....	35
7. Metodología.....	37
7.1. Descripción del área de estudio	37
7.2 Cálculo de huella de carbono.....	39
7.2.1 Definición de los límites.....	39
7.2.1.1 Límites organizacionales.....	39
7.2.1.3 Exclusión de datos.	42
7.2.2 Selección del año base.	43

7.2.3.	Identificación de las emisiones	43
7.2.4.	Cuantificación de las emisiones de GEI	45
7.2.5.	Cuantificación de la remoción de GEI por biomasa.	46
8.	Información recolectada	50
9.	Resultados	52
9.1	Cuantificación de emisiones por alcance	52
9.2	Cuantificación de remociones.....	57
10.	Análisis de resultados	59
10.1	Análisis emisiones GEI generadas por la SPRG	59
10.2	Análisis remoción de CO ₂	60
11.	Medidas para la reducción de la huella de carbono	63
12.	Conclusión	67
13.	Bibliografía.....	69
Anexos	73

Lista de tablas

Tabla 1 Identificación de emisiones directas en SPRG.....	44
Tabla 2 Identificación de emisiones indirectas en SPRG.....	44
Tabla 3 Toneladas de coque almacenadas en SPRG.....	50
Tabla 4 Identificación de fuentes de la información recolectada.....	51
Tabla 5 Consumo de combustibles en SPRG.....	52
Tabla 6 Factores de conversión de unidades a kWh.....	52
Tabla 7 Coeficientes de conversión para combustibles en Kg/kWh.....	53
Tabla 8 Resultados de las emisiones de GEI del alcance 1.....	53
Tabla 9 Emisiones de CO ₂ -eq para el alcance 1.....	53
Tabla 10 Emisiones de CO ₂ eq por el descargue de Coque.....	54
Tabla 11 Coeficientes de conversión para energía en Kg/kWh.....	54
Tabla 12 Resultados de emisiones GEI de alcance 2.....	55
Tabla 13 Emisiones de CO ₂ -eq para el alcance 2.....	55
Tabla 14 Emisiones GEI consolidadas.....	55
Tabla 15 Variables medidas para el cálculo de la remoción de biomasa.....	57
Tabla 16 Dióxido de carbono absorbido por las especies de Almendro y laurel.....	57
Tabla 17 Relación entre DAP y CO ₂ absorbido.....	62
Tabla 18 Medidas propuestas para la reducción de la Huella de Carbono.....	65

Lista de figuras

Figura 1. Tendencias de la concentración de GEI en la Atmósfera 1850 –2010.	28
Figura 2. Diferencia de Medias de las Temperaturas de la Tierra en el Período 1880-2011. ..	29
Figura 3. Ubicación y delimitación de la SPRG.....	37
Figura 4. Metodología de implementación de la ISO 14064.....	39
Figura 5. Tipos de enfoque del límite organizacional.	40
Figura 6. Definiciones de los alcances según ISO 14064:1	42
Figura 7 Esquema de Metodología para cuantificación de las remociones de GEI	48
Figura 8 Remoción de toneladas de CO2 por especie	61

Tabla de anexos

Anexo 1. Inventario de las lámparas de área de almacenamiento de SPRG	73
Anexo 2. Inventario de los equipos electrónicos de SPRG	73
Anexo 3. Medición del DAP	74
Anexo 4. Medición de la altura del árbol con el clinómetro.	74
Anexo 5 Metodologías de cálculo de HC más utilizadas en Europa y en el mundo.	75

Resumen

En el presente trabajo se calculó la huella de carbono de la Sociedad Portuaria Río Grande (SPRG) bajo los requisitos de la norma ISO 14064. Inicialmente se realizó la identificación de las fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), donde se resaltó que las principales actividades generadoras de GEI es el consumo de combustible, el consumo de electricidad y el almacenamiento de coque en los patios del puerto. Además, se identificó que SPRG cuenta con sumideros de CO₂ (barreras vivas) las cuales logran un porcentaje de remoción de las emisiones. Se calculó a través de la metodología expuesta en la ISO 14064, que el total de emisiones GEI consideradas en SPRG alcanzan un valor de 341069 kg de CO₂-eq, y que las remociones dentro de esta se aproximan a los 282715 kg de CO₂-eq. A partir de allí se calculó que la huella de carbono de SPRG es igual a 0,36 Kg CO₂-eq por tonelada movida, la cual se ve reducida a 0,06 Kg CO₂-eq por tonelada movida por las remociones que permite la biomasa. En este documento también se sugieren alternativas de compensación ambiental para ayudar al Puerto de Barranquilla a crecer económica y ambientalmente, ser imagen de responsabilidad ambiental, propiciar mejor calidad de vida para sus trabajadores y contribuir en la lucha contra el cambio climático a nivel internacional. Dentro de estas alternativas se destaca el establecimiento de cobertura vegetal, la implementación de energías renovables, y el mantenimiento preventivo de los vehículos y equipos de SPRG.

Palabras clave: Huella de Carbono, Sociedad Portuaria, ISO 14064.

Abstract

In this work, the carbon footprint of the Rio Grande Port Society (SPRG) was calculated under the requirements of ISO 14064. Initially, the identification of greenhouse gas (GHG) sources was made, where it was highlighted that the main GHG generating activities are fuel consumption, electricity consumption and coke storage in the port's yards. In addition, it was identified that SPRG has CO₂ sinks, (live barriers) which achieve a percentage of removal of emissions. It is calculated through the methodology exposed in ISO 14064, that the total of GHG emissions considered in SPRG reach a value of 341069 kg of CO₂-eq, and that the removals within this approximate the 282715 kg of CO₂-eq. From here it is calculated that the carbon footprint of the SPRG is equal to 0.36 Kg CO₂-eq per tonne moved, which is reduced to 0.06 kg CO₂-eq per ton moved by the removals allowed by the biomass . This document also offers alternatives for environmental compensation to help the Port of Barranquilla grow economically and environmentally, be responsible for environmental responsibility, promote better quality of life for its workers and contribute to the fight against climate change at the international level. Within these alternatives stands out the establishment of vegetal coverage, the implementation of renewable energies, and the preventive maintenance of the vehicles and equipment of SPRG.

Keywords: *Carbon Footprint, Port Society, ISO 14064.*

1. Introducción

El cambio climático se ha identificado como uno de los máximos retos que afrontan las naciones, los gobiernos, las industrias y los ciudadanos; actualmente tiene implicaciones tanto para los humanos como para los sistemas naturales y puede originar impactos negativos en el uso de los recursos, la producción y la actividad económica (AENOR Perú, s.f.). La influencia de las actividades humanas basada en el modelo energético actual (uso de combustibles fósiles) ha derivado en un aumento muy significativo de las emisiones de gases de efecto invernadero GEI (CO_2 , CH_4 , N_2O , entre otros) causantes de dicho calentamiento global (Torres, 2012). Por ello, desde la reciente Conferencia del Clima de la ONU, el pasado diciembre de 2015 en París, los países firmantes, no sólo se comprometieron a reducir sus emisiones de GEI's, sino que por primera vez se ha fijado el compromiso mundial por “mantener el aumento de las temperaturas por debajo de los 2 grados con respecto a los niveles preindustriales y perseguir los esfuerzos para limitar el aumento a 1,5 grados” (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Fundación Natura y WWF Colombia, 2016).

En respuesta a este compromiso, se han estado desarrollando e implementando iniciativas nacionales, regionales y locales basadas en la cuantificación, seguimiento, verificación de emisiones y/o remociones de los gases de efecto invernadero en las organizaciones. La metodología más utilizada para la medición de las emisiones es el cálculo de la huella de carbono corporativa, y se encuentra definida por el GHG Protocol en su documento “Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte” (Ihobe S.A. y Gobierno Vasco, 2012). A partir de allí surgió en 2006 la norma internacional ISO 14064, la cual será implementada en el presente trabajo para cuantificar la cantidad de GEI que genera directa o indirectamente la Sociedad

Portuaria Río Grande S.A. (SPRG), y, además, se empleará para cuantificar sus remociones por biomasa.

En este documento también se sugieren alternativas de compensación ambiental para ayudar al Puerto de Barranquilla a crecer económica y ambientalmente, ser imagen de responsabilidad ambiental, propiciar mejor calidad de vida para sus trabajadores y contribuir en la lucha contra el cambio climático a nivel internacional.

2. Planteamiento del problema

Los acelerados niveles de producción y consumo de bienes y servicios ha llevado a que se forjen grandes procesos de industrialización desde los años 50 en el mundo, trayendo como consecuencia unos altos niveles de concentración de gases de efecto invernadero, con los consecuentes impactos negativos sobre la salud de los seres humanos, la seguridad alimentaria, la actividad económica, el agua y el agotamiento de los servicios ambientales necesarios para la supervivencia de la especie humana (Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD], 2014).

Colombia es responsable del 0,4 % de las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel global, según datos de 2012, recopilados por el Inventario Nacional y Departamental de GEI. Sin embargo, esta participación tiene tendencia a crecer y se calcula que, si no se toman medidas, las emisiones podrían aumentar cerca de 50 % en 2030. A pesar de que son relativamente bajas en comparación con otros países, sus emisiones acumuladas entre 1990 y 2012 la sitúan en el puesto 5 de emisiones GEI entre 32 países de Latinoamérica y el Caribe, con emisiones de 258,8 Mton CO₂-eq por año, donde sus principales emisiones están dadas por la conversión de bosques naturales a pastizales y por quema de combustibles en el sector transporte terrestre representando en un 27% y 10% respectivamente de las emisiones totales. (IDEAM., 2016).

Aunque el mayor porcentaje de emisiones en el país se debe al sector forestal y otros usos del suelo, es incuestionable que los puertos juegan un papel fundamental en la industria, pues atienden la demanda de mercancías a nivel internacional, lo que los convierte en uno de los principales consumidores energéticos y contribuyentes en las emisiones de GEI. En este contexto, la agrupación World Port Climate Initiative WPCI, 2012 reconoce que los puertos

tienen muchas oportunidades y la responsabilidad de contribuir a la reducción de las emisiones de GEI, sin embargo, “antes de lanzarse a reducir las emisiones, el primer paso es medirlas (...) Es decir, es necesario realizar inventarios de emisiones de GEIs. Así, los compromisos nacionales se monitorizan a través de los inventarios nacionales de emisiones de GEI” (Ihobe S.A. y Gobierno Vasco, 2012, pág. 8).

Por lo anterior, Colombia, al ratificar el Acuerdo de Paris y asumir el compromiso de reducir en un 20% las emisiones de gases de efecto invernadero antes del 2030, también asume la obligación de rendir cuentas sobre sus contribuciones a nivel nacional presentando periódicamente un inventario de emisiones de GEI elaborado con metodologías aceptadas por el IPCC (MADS, Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, 2016). Aunque esta meta que tiene el país ante la comunidad internacional es para toda la economía, el Sistema Nacional de Cambio Climático SISCLIMA estableció que internamente se van a definir metas sectoriales a 2020 y 2025, y para ello, los sectores deben priorizar las medidas de mitigación que implementarán para contribuir a la meta nacional.

Desde el punto de vista de las emisiones de gases de efecto invernadero, aunque la navegación marítima es el modo de transporte más respetuoso con el medio ambiente (por la cantidad de CO₂ que genera por km recorrido en comparación con otros medios de transporte), se calcula que las emisiones de los buques aumentarán de aquí a 2050, entre un 150 % y un 200 %. Por lo que hay que tomar medidas para reducir la contaminación de los puertos, sin olvidar que alrededor de 50.000 buques mercantes transportan el 90 % de las mercancías de todo el mundo. Esto convierte al transporte marítimo en indispensable para la economía global, y a los puertos como importantes actores ya que sus actividades cubren demandas internacionales generando mayores fuentes de emisión.

Recientemente, en la IV Conferencia Hemisférica sobre Gestión Portuaria Sostenible y Protección del Medio Ambiente se señaló que para el 2030 a más tardar, todos los países del mundo deberán estar implementando estrategias para la reducción de las emisiones a la atmósfera, siendo la actividad marítimo-portuaria una de las de mayor atención en ese sentido (Barrón, 2017). Ante esto es fundamental para las organizaciones, y en este caso para la Sociedad Portuaria Río Grande, conocer el origen y la magnitud de sus emisiones a través del cálculo de su huella de carbono. Es aquí donde la norma internacional ISO 14064 funciona como una herramienta clave para evaluar el comportamiento ambiental de la SPRG en ese aspecto.

A partir de esto se propone dar respuesta a la siguiente pregunta. ¿Cuál es la contribución de SPRG en cuanto a la generación y remoción de gases de efecto invernadero en el año 2015?

3. Objetivos

3.1. Objetivo general

Estimar la huella de carbono de la Sociedad Portuaria Río Grande (SPRG) bajo los requisitos de la norma ISO 14064.

3.2. Objetivos específicos:

- ✓ Elaborar un diagnóstico sobre las emisiones de gases de efecto invernadero generadas por las instalaciones de SPRG.
- ✓ Calcular las emisiones GEI del área de almacenamiento y operaciones, y las remociones generadas por las barreras vivas de la SPRG.
- ✓ Establecer alternativas de compensación ambientales en las instalaciones de la SPRG.

4. Justificación

Frente al incremento de las concentraciones de los GEI, en 1992 se estableció en la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (UNFCCC por sus siglas en inglés) los inventarios de emisiones de GEI para intentar frenar el incremento de estos, con el fin de contrarrestar consecuencias ambientales irreversibles como la pérdida de biodiversidad, inundaciones debido al aumento de cuerpos de agua superficiales, entre algunos otros. En la convención se afirmó que “... el primer paso para resolver el problema es conocer sus dimensiones” (United Nations Framework Convention on Climate Change [UNFCCC], 2014).

Recientemente, con la responsabilidad adquirida por Colombia en la Cumbre Mundial de Cambio Climático en París (COP21) y la ratificación del acuerdo, el cálculo de la huella de carbono y los inventarios de emisiones se convierten en una herramienta necesaria para asegurar el compromiso encaminado a la toma de decisiones para la reducción de las emisiones de GEI a nivel nacional. Por lo tanto, el desarrollo de este proyecto significa el primer paso para SPRG en avanzar en esos compromisos adquiridos voluntariamente por el país, ya que cuantificar su huella de carbono organizacional permitirá definir planes de actuación e implementación de buenas prácticas, siendo esto un sello diferenciador cada vez más valorado en el mercado.

Por otro lado, con el cálculo de la Huella de Carbono de la SPRG se busca crear conciencia en los puertos y en la comunidad marítima y portuaria de la necesidad de tomar medidas con respecto a las emisiones de GEI, y se convierte en un indicador clave para aquellos puertos y/o terminales comprometidos con el desarrollo sostenible de sus actividades (Torres, 2012). Este proyecto también se plantea como una guía y/o herramienta de apoyo para aquellas terminales portuarias que decidan abordar el cálculo de su huella de carbono a partir de la ISO 14064,

elaborando el correspondiente informe de emisiones y un plan de mejora asociado para reducirlas en un plazo definido de tiempo.

Cabe resaltar que la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero es vista como una oportunidad para la promoción de la innovación y la aplicación de la eficiencia energética en los puertos, debido a sus múltiples beneficios como la reducción en costos de producción y la reducción en el deterioro ambiental. La Autoridad Portuaria de Valencia como ejemplo de esto, afirma que ha reducido su huella de carbono un 17,31% desde que realizó su primer inventario dentro del proyecto Climeport en el año 2008 (Torres, 2012).

5. Antecedentes

Con el pasar del tiempo el incremento de las concentraciones de CO₂ en la atmósfera terrestre ha sido preocupante, sus emisiones anuales entre 1970 y 2004 han aumentado aproximadamente un 80% pasando de 21 a 38 gigatoneladas de dióxido de carbono (IPCC, 2006), trayendo consigo cambios climáticos drásticos que afectan no solo a la fauna, flora y comunidades, sino también las actividades económicas de los países. Ante esta situación, en 1992 los gobiernos de 125 naciones se adhirieron a un tratado internacional, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), a fin de examinar qué podían hacer para limitar el aumento de la temperatura mundial y el consiguiente cambio climático, y de hacer frente a sus consecuencias. En 1995, los países reconocieron que las disposiciones en materia de reducción de las emisiones recogidas en la Convención no eran suficientes. Por lo tanto, iniciaron negociaciones para reforzar la respuesta mundial al cambio climático y, en 1997, adoptaron el Protocolo de Kyoto (UN, 2012).

En diciembre de 2015, tuvo lugar la vigésima primera reunión de la Conferencia de las Partes (COP 21) de la CMNUCC. En el marco de este encuentro, se llegó a un acuerdo con miras a evitar un aumento de la temperatura global promedio por encima de los 2°C (MADS, 2014). Colombia se comprometió a reducir el 20% de sus emisiones de gases de efecto invernadero para 2030 a partir de un escenario inercial. Esto quiere decir que Colombia tomó como punto de referencia el inventario de emisiones nacionales de 2010 y proyectó cómo crecerían sus emisiones si no se tomaran medidas de mitigación (IDEAM, 2015).

En busca de estrategias para alcanzar los objetivos propuestos en los últimos años se han realizado diferentes investigaciones para el desarrollo de herramientas y metodologías para determinar el nivel de emisiones de GEI de individuos, organizaciones y sectores industriales.

Dentro de estas se encuentra la Huella de Carbono, que es una de las herramientas que ha inducido cambios en esquemas competitivos de las empresas (Hertwich, 2009), además son implementados por los países con compromisos de reducción de emisiones. Muchos autores han aportado a la información con respecto a la definición de la Huella de Carbono, el Global Footprint Network (2006) por ejemplo, la define como "la demanda de biocapacidad precisa para secuestrar, mediante fotosíntesis las emisiones de CO₂ procedentes de la combustión de combustibles fósiles". La definición de Carbon Trust (2007) es mucho más amplia, al definirla como "...las emisiones totales de gases de efecto invernadero en toneladas equivalentes de un producto a lo largo de su ciclo de vida desde la producción de las materias primas empleadas en su producción, incluso hasta la eliminación del producto acabado".

Según el Observatorio de la Sostenibilidad en España (2012), existen aproximadamente 17 métodos para la medición de la Huella de Carbono para las organizaciones y productos (Ver anexo 5) , en 2001 el consejo Mundial de Negocios por el Desarrollo Sustentable y el Instituto de Recursos Mundiales (WRI, 2009) apoyados por organizaciones no-gubernamentales y gobiernos, dieron surgimiento al protocolo de GEI, una metodología que por medio de un software calcula las emisiones GEI. Según Pandey (2010), el protocolo GEI es referencia principal de este, junto con los estándares ISO 14064.

En el año 2002, la agencia del Medio Ambiente y Energía de Francia (ADEME) desarrolló la herramienta conocida como Balance de Carbono o Bilan Carbone, la cual convierte datos de forma rápida de las actividades productivas (como el consumo de energía, la distancia manejada por los vehículos, las toneladas de mercancías adquiridas, entre otras) en emisiones directas e indirectas, usando factores de emisión (Jancovici, 2009).

En el año 2007 el Instituto Británico de Estandarización apoyado por Consorcio del Carbono (Carbon Trust) y el Dpto. para el Ambiente, la Alimentación y Asuntos Rurales (DEFRA) elaboró el método de las “Especificaciones Públicamente Disponibles”, comúnmente conocido como PAS 2050, el cual está orientado al cálculo de las emisiones de productos y servicios, y se apoya a las normativas ISO 14040 referido al Análisis del Ciclo de Vida (Standards, 2010). En el año 2010, el Instituto Británico de Estandarización presentó una metodología similar al PAS 2050, llamada la PAS 2060, dedicada al cálculo de las emisiones de organismos de administración, empresas, sitios de producción. Esta metodología sigue las normativas ISO y del protocolo GEI.

En 2008 Juan Domenech desarrolló el método Compuesto de las Cuentas Contables (MC3). La HC obtenida con este método incluye las emisiones de CO₂ directas e indirectas, entendidas éstas como aquellas generadas en la producción/prestación de los bienes y servicios obtenidos. Luego, se actualizó incorporando las emisiones del resto de gases de efecto invernadero incluidos en el Protocolo de Kyoto, empleando los coeficientes de potencial de calentamiento (GWP) en un horizonte de 100 años elaborados por el IPCC. Así, el indicador se expresaría en toneladas equivalentes de CO₂. Además, se incorporarían en la HC las emisiones derivadas del uso de superficies (pastos, cultivos...) que, como los bosques, tienen capacidad para secuestrar CO₂ (Dómenech, 2008). La información necesaria para estimar la HC empleando el MC3, se obtiene, principalmente, de documentos contables como el balance y la cuenta de pérdidas y ganancias, si bien puede ser necesaria información de otros departamentos de la empresa, que dispongan de información específica de determinados apartados (generación de residuos, superficie ocupada por las instalaciones de la organización...) (Carballo A., 2009).

Basándose en las investigaciones anteriores, para poder reducir las emisiones GEI se debe conocer las cantidades emitidas por las organizaciones públicas y privadas, sectores industriales y actividades económicas en general. A nivel mundial la cuantificación de los gases de efecto invernadero es implementada por organizaciones que buscan crear un compromiso e imagen de responsabilidad ambiental. Para esto, las entidades se apoyan en las normas internacionales que cuantifican y verifican las emisiones de gases de efecto invernadero, como la ISO 14064 que presenta grandes ventajas respecto al resto de referencias mencionadas. Según De la Torre (2009), al tratarse de un sistema de gestión reconocido a nivel internacional, facilita su interpretación global y deben aprobarse por un Organismo de Normalización reconocido, garantizando así, niveles de calidad y seguridad permitiendo a una empresa posicionarse mejor en el mercado.

Puerto Valencia ubicado en España, fue el primer puerto en el mundo en verificar su huella bajo los requisitos de la norma ISO 14064:1. Calculó su huella de carbono del año 2014 obteniendo un mayor porcentaje en el alcance 3 (98%), representado en su mayoría por las emisiones generadas por las escalas de los buques en el puerto. Para el año 2014 la huella de carbono estimada fue de 2,58 kg de CO₂-eq por tonelada movida, este valor es producto de la implementación de políticas de reducción de emisiones GEI de años anteriores, ya que desde el año 2008 han logrado una reducción del 5% de sus emisiones, una reducción del 17% de la huella de carbono del puerto y un 14% de los consumos totales.

Puerto Mejillones (Chile) certificó la medición de su Huella de Carbono para sus emisiones correspondiente al año 2012, decidiendo recertificar su cálculo de Gases de Efecto Invernadero (GEI) para el año 2013, con el fin de evaluar el impacto de sus operaciones en el cambio climático y continuar con la gestión para reducirlas. Los resultados que obtuvieron en cuanto a la

reducción de emisiones, fue de un 19% menos para el 2013 con respecto al año anterior. Las emisiones que más lograron reducir fueron las correspondientes al alcance 3 (-26%), sin embargo, las emisiones directas aumentaron un 18%.

Otro ejemplo en Chile es el Terminal Pacifico Sur Valparaíso (TPS), que ha registrado el CO₂-eq de sus principales fuentes de emisión, así como de terceros involucrados en la cadena de valor del puerto. En la medición se aplicaron metodologías ampliamente conocidas como el Green House Gas Protocol (GHG Protocol) y World Ports Climate Initiative (WPCI). Para el año 2013 logró reducir las emisiones del alcance 3 en un 14%, y las del alcance 2 en un 2%, sin embargo, sus emisiones directas aumentaron un 4% con respecto al año 2012.

6. Marco teórico

6.1 Efecto invernadero

El efecto invernadero es un fenómeno natural en el cual los gases que se encuentran en la atmósfera retienen el calor emitido por la Tierra. Este calor proviene de la radiación solar, pero cuando rebota sobre la superficie terrestre queda atrapado por la barrera de gases, sin poder ser liberados al espacio, produciendo que la vida en la tierra se genere con temperaturas estables, pero desde los inicios de la revolución industrial, las emisiones GEI han venido incrementando significativamente con un aumento de 70% entre 1970 y 2004 debido a las actividades antropogénicas, generando así que el efecto invernadero sea la principal causa del calentamiento global (IPCC, 2006).

6.2 Gases de efecto invernadero (GEI)

Los gases de efecto invernadero o gases de invernadero son los componentes gaseosos de la atmósfera, que absorben y emiten radiación en determinadas longitudes de onda de la radiación infrarroja emitida por la superficie de la Tierra, la atmósfera y las nubes. Según Caballero en la atmósfera de la Tierra, los principales gases de efecto invernadero (GEI) son el dióxido de carbono (CO_2), el óxido nitroso (N_2O), el metano (CH_4) y el ozono (O_3) pero la masificación de los éstos a causa de actividades antropogénicas como la quema de combustibles fósiles, la minería, la ganadería entre otras actividades ha generado el calentamiento global y cambio climático (Caballero, 2007). Los Gases de Efecto Invernadero estudiados son:

6.1.1. Dióxido de Carbono

El dióxido de carbono CO_2 es el principal gas de efecto invernadero, es generado principalmente en los procesos de combustión de combustibles con base de carbono (combustibles fósiles y biomasa) y en los procesos de descarbonatación en la producción de

clínker. También utilizado en inertizaciones, gases de laboratorio, hospital y en la industria alimentaria. Por otra parte, el CO₂ es eliminado de la atmósfera por los vegetales mediante la fotosíntesis dentro del ciclo natural del carbono. Se estima que la concentración de CO₂ en la atmósfera ha ascendido en casi 200 ppm en los últimos 150 años, la mayor parte de las emisiones de dióxido de carbono provienen de procesos industriales que tienen lugar en los países desarrollados (Jancovici, 2009).

6.1.2 Metano

El metano CH₄ debido a sus propiedades físicas y químicas y su presencia en la atmósfera, lo incluyen dentro del grupo de los GEI potente, con un potencial de calentamiento global de 25, es decir, una tonelada de metano podría calentar el globo 25 veces más que una tonelada de dióxido de carbono, contribuyendo en un 15 % al calentamiento global. Este gas es generado en los procesos de descomposición anaeróbica de materia orgánica como la descomposición de residuos, tratamiento de aguas residuales, descarga y almacenamiento de pilas o minas de carbón, estómago de animales y en plantaciones de arroz. También emitido en la extracción de combustibles fósiles y en trazas de procesos de combustión (Jancovici, 2009).

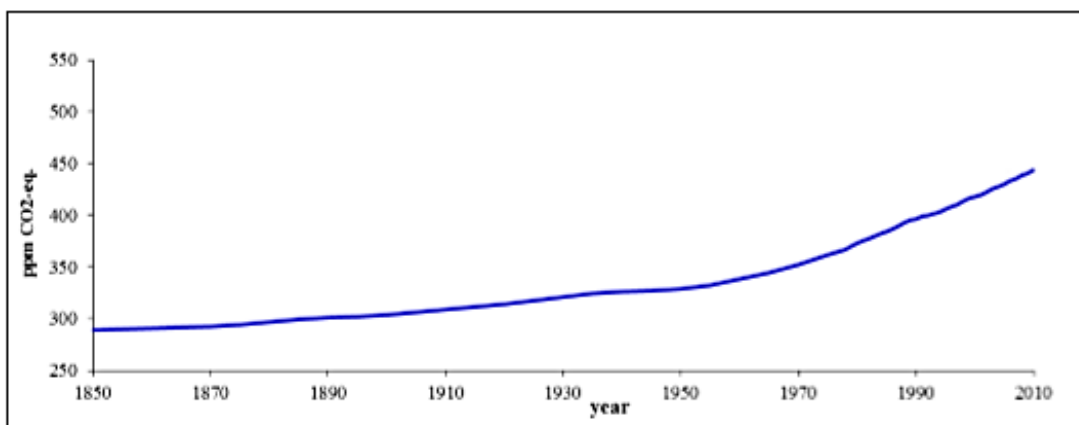
6.1.3. Óxido Nitroso

El óxido nitroso N₂O es el único óxido de nitrógeno (NO_x) que actúa como gas de efecto invernadero, según (Jancovici, 2009) tendrá en un siglo un efecto de calentamiento global aproximadamente 300 veces superior al del dióxido de carbono, ya que su potencial de calentamiento es de 298. Sin embargo, como el metano, el óxido nitroso se encuentra en concentraciones mucho menores que el dióxido de carbono en la atmósfera. El óxido nitroso es emitido por las bacterias del suelo, la agricultura y el uso de fertilizantes con base de nitrógeno, junto con el tratamiento de los residuos animales y la quema de combustible es en motores de

combustión interna aumentan la producción de óxidos nitrosos, también se libera de forma natural desde suelos y océanos (Jancovici, 2009).

Véase en la figura 1 las tendencias observadas en la concentración de GEI en la atmósfera en el período 1850 – 2010.

Figura 1.



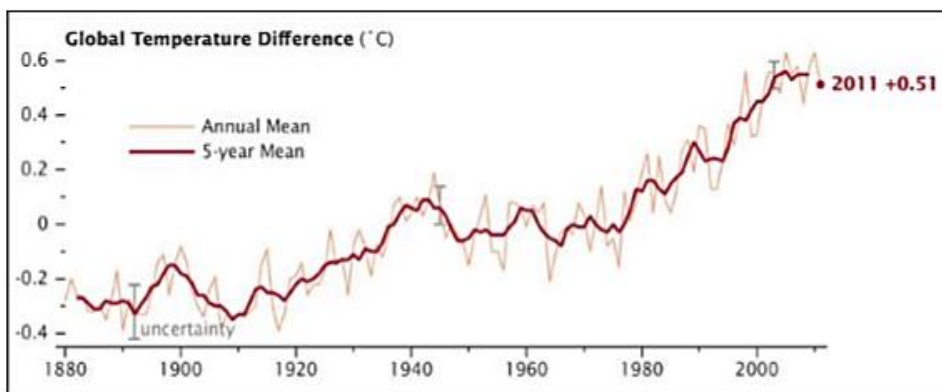
Nota. Las tendencias Observadas en la Concentración de GEI en la Atmósfera en el período 1850 –2010. European Environment Agency

6.3 Calentamiento global

Entre 1970 y 2004, las emisiones mundiales han aumentado en un 70% pasando de 28,7 a 49 GtCO₂-eq, (IPCC, 2006), a raíz de eso el calentamiento global ha sido un tema muy relevante pues se refiere al aumento gradual de la temperatura media del planeta, debido a las emisiones producidas por las actividades y procesos en las industrias, al consumo indiscriminado de combustibles fósiles y demás actividades antropogénicas que inducen que los gases se acumulen en cantidades exageradas reteniendo calor, en 2014 marcó un nuevo récord, el dióxido de carbono (CO₂) aumentó un 143% desde la revolución industrial, aproximadamente en 400 partes por millón en la atmósfera, según la Organización Meteorológica Mundial (OMM), y por ende la temperatura promedio de la atmósfera y océanos aumenta. Según Antonio Rodríguez Serrano en

su artículo “Causas del calentamiento global”: “Conforme la Tierra gira cada día, este nuevo calor gira a su vez recogiendo la humedad de los océanos, aumentando aquí y asentándose allá. Está cambiando el ritmo del clima al que todos los seres vivos nos hemos acostumbrado”. Como resultado muchas especies se verán en estado crítico, ya que el ambiente no les proporcionará un medio asertivo para su supervivencia, una de éstas son los vertebrados ectotérmicos, los cuales son animales que regulan su temperatura según la temperatura ambiente. Jason Rohr realizó un experimento de 11 semanas para examinar los efectos de la temperatura (22 °C ó 27 °C), y la humedad sobre la supervivencia, el crecimiento, el comportamiento y las tasas de forrajeo de salamandras (*Ambystoma barbouri*) ribereñas postmetamórficas, una especie de interés para la conservación. Las condiciones climáticas evaluadas estuvieron entre la máxima y la mínima críticas de las salamandras, demostrando una pérdida significativa de masa y mortalidad en todas las condiciones por lo que este experimento cuantificó los efectos a largo plazo del cambio climático. (ROHR, 2013). Además del derretimiento acelerado de los polos debido a las altas temperaturas, aumento del nivel del mar y propagación de enfermedades (Rodríguez, 2014).

Figura 2.



*Nota. Diferencia de Medias de las Temperaturas de la Tierra en el Período 1880-2011.
Tomado de NASA*

6.4 Cambio climático

Según el IPCC se define como el cambio del clima atribuido directa o indirectamente a actividades humanas que alteran la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad climática natural observada durante periodos de tiempo comparables (IPCC, 2006). Éste se ha identificado como uno de los máximos retos que afrontan las naciones, los gobiernos, las industrias y los ciudadanos; actualmente tiene implicaciones tanto para los humanos como para los sistemas naturales ya que puede originar impactos negativos en el uso de los recursos, la producción y la actividad económica. La influencia de las actividades humanas basada en el uso intensivo de combustibles fósiles, la deforestación y otras actividades antrópicas, que están enmarcadas en patrones de consumo y producción insostenibles, ha derivado en un aumento muy significativo de las emisiones de gases de efecto invernadero GEI (CO₂, CH₄, N₂O, entre otros) causantes de dicho calentamiento global (Caballero, 2007).

Por ello, desde la reciente Conferencia del Clima de la ONU, el pasado diciembre de 2015 en París, los países firmantes, no sólo se comprometieron a reducir sus emisiones de GEI's, sino que por primera vez se ha fijado el compromiso mundial por “mantener el aumento de las temperaturas por debajo de los 2 grados con respecto a los niveles preindustriales y perseguir los esfuerzos para limitar el aumento a 1,5 grados” (IPCC, 2006).

6.5. Huella de carbono

La huella de carbono (HC) es un indicador que muestra la medida del impacto que provocan las actividades del ser humano en el medio ambiente y se determina según la cantidad de emisiones de Gases de Efecto Invernadero producidos directa o indirectamente por una organización, actividad o producto, se expresa en unidades de dióxido de carbono equivalente

(CO₂-eq) ya que tiene en cuenta todos los GEI que contribuyen al calentamiento global (Dómenech, 2008).

El objetivo de la huella de carbono es obtener un diagnóstico de las emisiones GEI de una empresa y que actividades las generan para así poder reducir y compensar sus niveles, actualmente el certificado de la huella de carbono no es obligatorio, pero muchas empresas están interesadas en que sus servicios y productos lleven la etiqueta que certifica los valores de CO₂ de sus productos y de esta manera los consumidores puedan optar por productos más sanos y menos contaminantes (Gayoso, 2008).

Según Viglizzo (2010) el cálculo de la huella de carbono permite obtener información precisa para mejorar la gestión medioambiental de una organización, permitiendo conocer aquellas actividades con las que se está contribuyendo a aumentarla y a base de ello se pueden identificar e implementar las medidas para su reducción, mitigación y/o compensación, mejorando la eficiencia de la empresa, aumentando la competitividad en el mercado y creando una imagen responsable.

6.6 Norma ISO 14064

A nivel internacional se han desarrollado diferentes directrices y protocolos para el cálculo de la huella de carbono, en función al alcance de la misma. Por ejemplo, para las Comunicaciones Nacional de Gases de Efecto Invernadero, se utilizan las directrices y guías del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC por sus siglas en ingles). Para el cálculo de la huella de carbono a nivel de organizaciones o empresas se pueden usar los protocolos de la Organización Internacional de Estandarización (ISO por sus siglas en inglés) específicamente la ISO 14064 o los estándares desarrollados por el Instituto de Recursos

Mundiales (WRI por sus siglas en ingles) en conjunto con el Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible (WBCSD por sus siglas en ingles), como lo es GHG Protocol. Para el cálculo de huella de un producto, entre los estándares más conocidos están los desarrollados por la República Británica (PAS 2050), así como también los de la ISO y WRI/WBCSD (De La Torre, 2009).

La ISO 14064 es una norma internacional donde se verifican voluntariamente los informes de emisiones de gases de efecto invernadero, es creada por la Organización Internacional de Normalización (International Organization for Standardization ISO). Se emplea cuando se quiere realizar el cálculo de la huella de carbono en empresas comerciales, industriales o de servicio. Esta norma ha sido estructurada en tres partes:

Parte 1: Detalla los principios y requisitos de la organización para el diseño, desarrollo, gestión y notificación de los niveles de inventario de GEI. Incluye los requisitos para la determinación de los límites, cuantificación de las emisiones y de la absorción, e identificación de acciones o actividades específicas de la organización encaminadas a mejorar su gestión de GEI.

Parte 2: Detalla los requisitos para la cuantificación y seguimiento en proyectos específicamente diseñados para reducir las emisiones de GEI o incrementar las absorciones de éstas. Incluye los principios y los requisitos para la determinación de los escenarios de referencia de los proyectos para vigilar, cuantificar e informar sobre sus resultados.

Parte 3: Establece los principios, requisitos y guías para aquellos que realizan la validación y verificación de la información de GEI. En ella se describe un proceso para proporcionar seguridad a los potenciales usuarios de una organización o de un proyecto de GEI.

6.7. Cálculo de la huella de carbono

Para realizar el cálculo de la huella de carbono es indispensable el conocimiento de las instalaciones y la totalidad de sus actividades para así definir los límites organizacionales donde se determina que enfoque se va a trabajar ya que se encuentra el enfoque de control donde la organización considera las emisiones GEI en las instalaciones sobre las cuales tiene control operacional y/o financiero. Por otro lado, está el enfoque de cuota de participación donde la organización responde de su parte accionarial, para escoger alguno de los dos se debe tener en cuenta el enfoque representativo de la organización, disponibilidad de datos, capacidad de actuación para reducir las emisiones y claridad en el control operacional (ISO, 2016).

En la definición de los límites operacionales se tienen en cuenta las fuentes de emisión de GEI, según la ISO 14064 las emisiones se pueden clasificar en tres categorías: alcance 1, abarca las emisiones directas como las que provienen de la producción química en equipos de procesos propios o controlados, como la generación de electricidad, calor o vapor procedentes de fuentes fijas como hornos, turbinas, maquinaria y demás equipos. Procesos físicos o químicos resultantes del procesamiento de materiales como el cemento y/o de residuos, emisiones por combustión de combustibles por transporte de materiales y productos, por último, emisiones fugitivas de metano provenientes de las pilas de carbón (ISO, 2016).

Alcance 2 hace referencia a las emisiones indirectas de GEI, generadas por el uso de electricidad adquirida y consumida por la empresa y el alcance 3 que es voluntario ya que contempla las actividades que no son propiedad ni están controladas por la empresa, por ejemplo, los viajes de negocio de empleados y vehículos propios de contratistas.

Posteriormente según el objetivo de la norma ISO 14064 se debe realizar la comparación de las emisiones en diferentes periodos de tiempo, para analizar la evolución de las emisiones,

por ello el primer año es el año base. Para la identificación de las emisiones se debe tener en cuenta los procesos donde se produzcan las actividades anteriormente mencionadas clasificándolas en emisiones directas, indirectas u otras emisiones indirectas. Seguidamente se cuantifica la emisión GEI teniendo en cuenta el dato de actividad y el factor de emisión, para que con el dato del potencial de calentamiento global se pueda obtener las emisiones de CO₂-eq y posteriormente se suman las emisiones de cada alcance. Para la medición de la huella de carbono es fundamental tener en cuenta los siguientes conceptos:

6.7.1 Factor de emisión

Es un valor representativo que busca relacionar la cantidad de GEI liberado a la atmósfera, con la actividad asociada a la generación de este gas, varía no solamente de acuerdo con el tipo de combustible sino con la actividad en la que se aplique su proceso. Estos factores se expresan usualmente como kilogramos de contaminante emitidos a la atmósfera por kWh asociados al consumo eléctrico y/o de combustibles, varían en función de la actividad que se trate, ya que existen factores de emisión por combustible, procesos y tecnologías, de tal manera que en la medida en que se avanza en el grado de detalle, el factor de emisión resulta más exacto (IPCC, 2006).

6.7.2. Potencial de calentamiento global (PCG)

También llamado potencial de calentamiento atmosférico (PCA) es el factor que describe el impacto de la fuerza de radiación (grado de daño a la atmósfera) o la capacidad de absorber calor de una unidad de un determinado GEI en relación con una unidad de CO₂. Cuanto más alto sea el factor de calentamiento global que produce un gas, mayor será su capacidad de retención de calor en la atmósfera o grado de daño de la atmósfera (ver tabla 12). El dióxido de carbono es la base para todos los cálculos, pues su potencial de calentamiento global es 1, estableciendo así

una relación que determina las emisiones generadas por un gas en comparación a las generadas por la misma masa de CO₂, es por ello adimensional. El PCG de los gases permite el cálculo de los impactos radiactivos de los diferentes GEI en términos de una unidad de medida uniforme: toneladas de dióxido de carbono equivalente (t CO₂-eq) (IPCC, 2006).

6.7.3. Dióxido de carbono equivalente

Es la unidad con la cual se mide la huella de carbono, pues compara la fuerza de radiación de un GEI cualquiera con el dióxido de carbono. El equivalente de dióxido de carbono se calcula utilizando la masa de un GEI determinado, multiplicada por su respectivo potencial de calentamiento global, dando como resultado la sumatoria de todos los gases que hacen parte del estudio.

6.8 Biomasa total

Para realizar medidas de prevención, control, mitigación y/o compensación se debe tener en cuenta procedimientos naturales como la acción de las barreras vivas, pues son medidas simples, con bajos costos y grandes beneficios, teniendo en cuenta lo anterior la biomasa se refiere a masa biológica y se entiende ésta como la cantidad total de materia orgánica en el ecosistema en un momento dado (Brown, 2002). La biomasa entonces representa la cantidad total de carbono orgánico almacenado en las porciones aéreas y subterráneas del ecosistema, se puede dividir en:

- **Biomasa aérea total:** peso seco del material vegetal de los árboles, incluyendo fustes, corteza, ramas, hojas, semillas y flores, desde la superficie del suelo hasta la copa del árbol.

- **Biomasa fustal:** biomasa que va desde la superficie del suelo donde empieza el tronco o fuste hasta la primera ramificación del árbol donde comienza la copa.
- **Biomasa foliar:** biomasa desde el punto más alto de la copa o dosel hasta la primera ramificación, es decir, la diferencia entre biomasa aérea total y biomasa fustal.

Se trabajó con la biomasa área total ya que, según Rognitz (2009), la biomasa aérea es la que genera un mayor aporte a la biomasa total del bosque. Aunque la biomasa del suelo y raíces pueden representar hasta un 30 % de la biomasa total de los árboles, para realizar sus mediciones se deben emplear métodos destructivos. Para la realización de las mediciones se deben tener en cuenta los siguientes conceptos:

- **Factor de expansión de biomasa (FEB):** Se define como una función que representa la relación entre biomasa aérea total de árboles y la biomasa fustal a partir de volúmenes forestales inventariados en una hectárea. Los factores de expansión de biomasa varían según sea, si es bosque de interacción con menores o mayores, plantaciones, o barreras vivas. En general los valores del FEB fluctúan entre 1.23 y 2.88 (Cardona, 2004).
- **Factor de Forma (FF):** se refiere a la medida de las características fenotípicas de los árboles, para clasificarlos en grupos botánicos. También depende la si las especies se encuentran en bosques vírgenes, con interacciones antropogénicas, plantaciones y/o barreras vivas (Cardona, 2004).

7. Metodología

El cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero ha sido realizado siguiendo los requisitos de la norma internacional ISO 14064:1 “Gases de efecto invernadero Parte 1”. Esta investigación se desarrolla con una metodología cuantitativa, donde se recopilan los datos pertinentes para determinar las emisiones directas e indirectas de la organización y así estimar su huella de carbono.

7.1. Descripción del área de estudio

La Sociedad Portuaria Río Grande S.A., es una sociedad anónima de nacionalidad colombiana constituida el 31 de mayo de 2010, la cual tiene como objeto social principal la administración de los terminales constituidos para administrar los Contratos de Concesión No. 031 de 2006 y 029 de 2004; así como la prestación de todo tipo de servicios de operación portuaria y transporte de todo tipo de carga. Se encuentra ubicada en la Carrera 38 con Calle 1ra. Orilla del Río Magdalena.

Figura 3.



Nota. Ubicación y delimitación de la SPRG Tomado de Google Earth

En la Sociedad Portuaria Río Grande, el terminal de coque cuenta con un área carbonífera de nueve hectáreas con capacidad de almacenamiento de 171.519 toneladas, servicio de pesaje en báscula, descargue en patio, transporte y cargue con tasas de 7000 toneladas/día para coque; además cuenta con:

- 3 Bandas arrumadoras.
- 8 Cucharas hidráulicas de 12 mts³ y 1 cuchara de 21 mts³ para el cargue de buques.
- Oficina de operaciones para clientes.
- 7 patios de almacenamiento identificados como A, B, C, D, E, H y G.

Para los diferentes patios de almacenamiento existe una red con sistema de captación de aguas desde el río Magdalena compuesto por una cámara de derivación, una tubería de aducción y motobombas para la humectación del coque. Para mitigar el posible impacto ambiental al río Magdalena, el Terminal Portuario cuenta con un sistema de tratamiento de aguas que consta de la siguiente infraestructura:

- Un sedimentador en el patio C, con una profundidad de 1,9 m y capacidad de 85m³.
- Un sedimentador en el patio E, con una profundidad de 2,9 m y capacidad de 170m³.
- Un sedimentador en el patio H
- Canales de drenaje de las aguas de los diferentes patios hacia los sedimentadores, y posteriormente a un canal que drena sus aguas al río Magdalena.

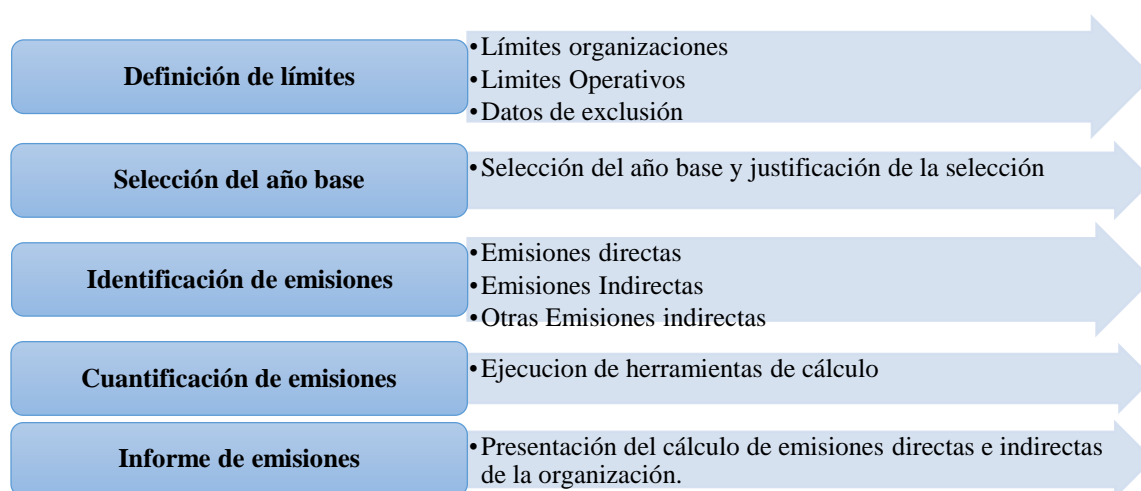
La sociedad portuaria Río Grande cuenta además con un sistema eléctrico de baja tensión para la alimentación de edificaciones, iluminación, equipos y aires acondicionados. La iluminación exterior se da a través de postes de 12 metros y lámparas de 400W (Puerto de Barranquilla, 2017).

7.2 Cálculo de huella de carbono

Para llevar a cabo la estimación de la huella de carbono de la SPRG se aplicó la norma técnica ISO 14064:2006, a partir de la cual se cuantifica y reportan las emisiones de gases de efecto invernadero de la organización (ISO 14064:1), y se establece una guía a nivel de proyecto para la cuantificación, monitoreo y reporte de las reducciones en las emisiones de GEI (ISO 14064:2).

La metodología de implementación se muestra en el siguiente esquema:

Figura 4.

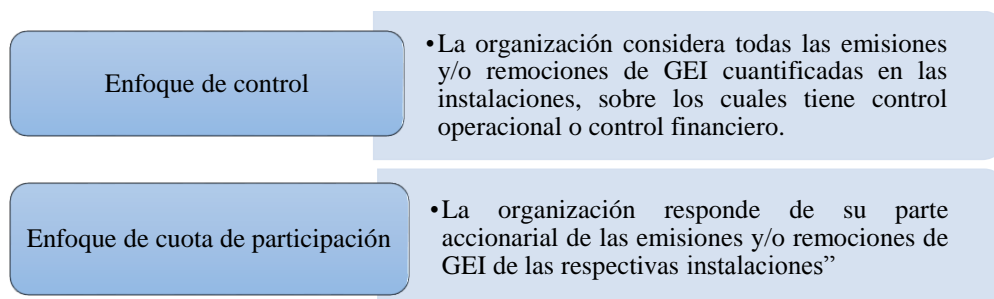


Nota. Metodología de implementación de la ISO 14064. Adaptado de la guía metodológica de la norma ISO14064

7.2.1 Definición de los límites.

7.2.1.1 Límites organizacionales.

La organización puede estar compuesta por una o más instalaciones. En la selección de los límites organizacionales se define claramente las instalaciones cuyas emisiones se contabilizarán dentro del inventario. Una vez identificadas las instalaciones, organizaciones y sociedades de nivel inferior, para concretar los límites de la organización la norma acepta dos enfoques:

Figura 5.

Nota. Tipos de enfoque del límite organizacional. Adaptado de la guía metodológica de la norma ISO14064

Para la selección del enfoque más conveniente se tienen en cuenta los siguientes criterios:

- Enfoque representativo de la organización
- Disponibilidad de datos
- Capacidad de actuación para reducir las emisiones
- Claridad en el control operacional

Así, en el caso de la SPRG se ha seleccionado el enfoque de control operacional, ya que es el que mejor se ajusta a las actividades que maneja la organización, y el que permite mayor actuación para reducir los GEI.

7.2.1.2 Límites operacionales.

Al establecer los límites operativos, se definen las fuentes de emisión/sumideros de GEI que se incluyen en el inventario. De acuerdo con la norma ISO 14064, las emisiones se pueden clasificar según tres categorías (Alcance 1, 2 y 3).

a) Alcance 1: Emisiones directas de GEI

Resultantes de las actividades directamente controladas por la entidad, como las emisiones provenientes de la combustión en calderas, hornos, vehículos, etc.; emisiones provenientes de la producción química en equipos de procesos propios o controlados. Ejemplo:

- Generación de electricidad, calor o vapor. Estas emisiones resultan de la combustión de combustibles en fuentes fijas: hornos, calderas, turbinas y demás equipos o maquinaria que genere emisiones directas a la atmósfera y se encuentren fijas en la entidad
- Procesos físicos o químicos. Resultante de la manufactura o del procesamiento de químicos y materiales como cemento, aluminio, ácido adípico, manufactura de amoníaco y procesamiento de residuos.
- Transporte de materiales, productos, residuos y empleados. Estas emisiones resultan de la combustión de combustibles en fuentes móviles que son propiedad o están controladas por la entidad: camiones, autobuses, automóviles, entre otros.
- Emisiones fugitivas. Estas emisiones resultan de liberaciones intencionales o no intencionales, como fugas en las juntas, sellos o empaques de los equipos; emisiones de metano provenientes de minas de carbón y emisiones de hidrofluorocarbonos (HFCs) durante el uso de equipo de aire acondicionado y refrigeración; y fugas de metano en el transporte de gas.

b) Alcance 2: Emisiones indirectas de GEI

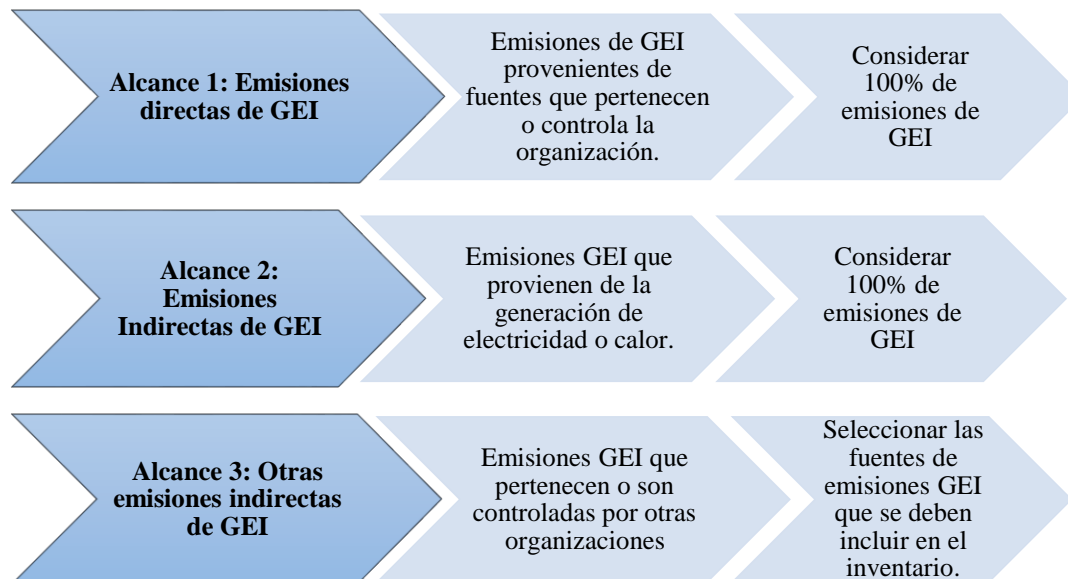
Generadas por el uso de electricidad adquirida y consumida por la empresa. Ejemplo:
Consumo de energía eléctrica (iluminación, uso de aparatos eléctricos, etc.)

c) Alcance 3: Otras emisiones indirectas de GEI (Voluntario)

Es una categoría opcional de reporte que permite incluir el resto de las emisiones indirectas. Las emisiones del alcance 3 son consecuencia de las actividades de la entidad, pero ocurren en fuentes que no son propiedad ni están controladas por la misma. Por ejemplo:

- Viajes de negocios de empleados
- Extracción y producción de materiales adquiridos
- Vehículos propios de contratistas

Figura 6.



Nota. Definiciones de los alcances según ISO 14064:1. Adaptado de la guía metodológica de la norma ISO14064

La selección de los GEI a incluir, deberá obedecer los siguientes criterios: Significancia de las emisiones respecto al total, representatividad de la actividad en el conjunto de la organización y la disponibilidad de datos auditables.

7.2.1.3 Exclusión de datos.

El alcance 3 es una categoría opcional de reporte que permite incluir el resto de las emisiones indirectas. Las empresas deben contabilizar y reportar, como mínimo, las emisiones de los alcances 1 y 2. Las emisiones GEI del alcance 3 son consecuencia de las actividades de la empresa, pero ocurren en fuentes que no son propiedad ni están controladas por la organización. Los datos del alcance 3 se excluyen de la medición de la huella de carbono en las instalaciones de la SPRG ya que la información era de difícil acceso y no pudo ser facilitada por la empresa.

En cuanto al inventario de emisiones se recomienda considerar las siguientes exclusiones:

-Excluir del inventario de emisiones aquellas asociadas a la construcción de nuevas instalaciones portuarias o las asociadas a estados de emergencia. Ya que, por su carácter puntual y temporal, deberían evaluarse por separado.

-Excluir aquellas emisiones que poseen una baja representatividad respecto al total de emisiones, y aquellas de complejidad de cálculo o estimación, como pueden ser las derivadas de la movilidad de los trabajadores de la organización.

-Excluir aquellas emisiones derivadas de datos o consumos no propios de los que no se tenga una constancia de su veracidad o fiabilidad.

7.2.2 Selección del año base.

El objetivo de la norma ISO 14064-1 es la comparación de las emisiones en diferentes periodos de tiempo, analizando la evolución de las emisiones. El primer año de dicha serie temporal es el año base. Para la selección del año base se recomienda que sea un periodo representativo de la operación normal de la organización y que exista disponibilidad de datos auditables.

El año base inicial para la estimación de la huella de carbono en SPRG será 2015, ya que se disponen de los datos suficientes para el cálculo de las emisiones de gases de efecto invernadero de la organización en este periodo. Además, la estimación de la huella de carbono para ese año permitirá realizar una comparación y analizar las estrategias contra el cambio climático que se espera implementar en la organización para la reducción de las emisiones GEI.

7.2.3. Identificación de las emisiones

Para identificar las fuentes de emisión se hizo necesario identificar procesos en los que:

- Se produzca combustión (fija o móvil) de materiales con base de carbono.
- Exista un proceso de transformación química en el que se genere y libere un GEI

- Emisiones fugitivas de GEIs
- Emisiones por descomposición de materia orgánica (residuos, agricultura, ganadería).

Con la ayuda del recorrido inicial y la información suministrada por el Departamento de Gestión Ambiental del Puerto, se identificaron las siguientes fuentes de emisión:

Tabla 1
Identificación de emisiones directas en SPRG

Fuente de emisión	GEI generados	Instalación
Combustión de Diésel	CO ₂ , N ₂ O, CH ₄	SPRG
Combustión de gasolina	CO ₂ , N ₂ O, CH ₄	SPRG
Descargue de coque	CH ₄	SPRG

Nota: Elaboración propia

Las **emisiones indirectas** incluyen las derivadas del consumo eléctrico y las del consumo de calor, vapor y refrigeración que se consumen dentro de los límites establecidos anteriormente, pero que son adquiridos de manera externa. Así, es necesario identificar equipos que consuman electricidad, calor, vapor o frío industrial.

Tabla 2
Identificación de emisiones indirectas en SPRG

Fuente de emisión	GEI generados	Instalación
Consumo de electricidad (Alumbrado)	CO ₂ , N ₂ O, CH ₄	Edificio de clientes y patios
Consumo de electricidad (Equipos de oficina)	CO ₂ , N ₂ O, CH ₄	Edificio de clientes

Nota: Elaboración propia.

7.2.4. Cuantificación de las emisiones de GEI

La cuantificación de emisiones de GEI se plantea en dos pasos:

7.2.4.1 Obtención de la emisión de GEI a partir de un dato de la actividad que produce la emisión.

Es de aplicación para fuentes de emisión en las que existe un proceso de transformación química (combustión, fija o móvil, emisiones de proceso o emisiones por degradación de materia orgánica), emisiones indirectas por la electricidad consumida y emisiones asociadas al ciclo de vida de los materiales. Si existe una medida cuantitativa de la propia emisión producida (ya sea en masa o volumen de GEI generado), se pasaría directamente al segundo paso.

$$\text{Emisiones de GEIs (GEI)} = \text{Dato de actividad} \times \text{Factor de emisión} \quad (\text{Ec. 1})$$

Siendo:

Dato de Actividad: Medida cuantitativa de la actividad que produce una emisión. En el caso de fuentes de combustión móviles, si no se dispone del consumo de combustible se pueden utilizar datos de actividad relativos a distancia recorrida (km). En el caso de la electricidad, el dato de la actividad será el consumo eléctrico de la instalación (expresado en kWh).

Factor de Emisión: Correspondiente a cada tipo de GEI considerado CO₂, NO₂ y CH₄ (ver tabla nº6). El factor de emisión depende del tipo y características del proceso de transformación química y tipo de combustible. Asimismo, existen factores de emisión sectoriales, para los procesos productivos, factores de emisión por degradación de materia orgánica y factores de emisión por distancia recorrida para distintos tipos de vehículos.

7.2.4.2. Conversión de los datos de emisión a unidades de CO₂-eq.

Conversión de las emisiones de CO₂, NO₂ y CH₄ obtenidas en el paso anterior a CO₂ equivalente mediante su multiplicación por el coeficiente de calentamiento global de cada uno de

los gases contemplados, bien sea por adición de cada factor de emisión multiplicado por su factor de calentamiento global, o bien por multiplicación directa por el factor de CO₂eq expresado en Kg/kWh. El uso de una u otra forma de cálculo dependerá de la decisión de la organización de contemplar los gases de efecto invernadero recomendados (CO₂, NO₂ y CH₄) o dar el dato de forma directa en Dióxido de Carbono equivalente (CO₂eq). En este caso, se aplicó la siguiente forma:

$$\text{Emisiones (CO}_2\text{-eq)} = \text{Emisión de GEI} \times \text{Potencial de calentamiento global} \quad (\text{Ec. 2})$$

Siendo:

Potencial de calentamiento global (a 100 años): Factor que describe la capacidad que tienen los gases de efecto invernadero para absorber el calor (radiación infrarroja) producido en la tierra. Existe un factor para cada tipo de GEI.

Finalmente, una vez que se disponga del cálculo unitario de las emisiones de cada fuente en unidades de CO₂-eq, se sumarán todas las emisiones de la misma categoría (emisiones directas, emisiones indirectas por energía y otras emisiones indirectas). En el caso de generación de electricidad por parte de la organización, la norma UNE-ISO 14064-1:2006 no acepta la resta de emisiones derivadas de la venta de electricidad a la red, sea de la fuente que sea, debiendo reportar las emisiones de la electricidad comprada (alcance 2) y las derivadas de la generación de electricidad (alcance 1).

$$\text{Emisiones totales} = \sum \text{Emisión de GEI de cada alcance} \quad (\text{Ec. 3})$$

7.2.5. Cuantificación de la remoción de GEI por biomasa.

Se realizó la estimación de la captación de GEI a partir de las barreras vivas presentes en los patios de la SPRG, donde se cuantificó la biomasa aérea y se analizó la dominancia de las

especies para conocer la representatividad de la absorción de emisiones GEI, la cuantificación se dividió en dos fases: la fase de campo y la fase de análisis de datos.

En la fase de campo se realizó la medición de la biomasa aérea, que es la materia viva presente en el fuste, corteza, ramas, hojas, semillas y flores, desde la superficie del suelo hasta la copa del árbol. La biomasa fustal se refiere a la materia viva que va desde la superficie del suelo donde empieza el tronco o fuste hasta la primera ramificación del árbol, y la biomasa foliar es la biomasa del punto más alto de la copa o dosel hasta la primera ramificación.

Para la determinación de la biomasa total se deben tener en cuenta los siguientes datos:

- **Diámetro a la altura del pecho (DAP):** Se midió con la forcípula a una altura de 1,30m con respecto al suelo (Instituto Tecnológico de Costa Rica, 2012).
- **Altura del árbol (H):** Se midió con el clinómetro a una distancia de 10 m con respecto al árbol. Peso específico de la madera de cada especie de árboles que se identifique en el puerto.

Teniendo en cuenta los datos anteriores se procedió a realizar los cálculos para determinar la biomasa total con la siguiente formula:

$$\text{Biomasa total} = AB * a * ff * PEB * FEB \quad (\text{Ec. 4})$$

Donde, AB= área basal, a= altura del tronco, ff= factor de forma, PEB= peso específico de la madera de cada especie, FEB= Factor de expansión biomasa.

Para calcular las toneladas de dióxido de carbono absorbido se hallaron las toneladas de carbono almacenado:

$$tn C = BT * 0.5 \quad (\text{Ec. 5})$$

Donde BT es biomasa total.

Teniendo en cuenta que una tonelada de carbono almacenado equivale a 3,67 tn de CO₂, se realizó la conversión obteniendo las toneladas de CO₂ removidas por los árboles.

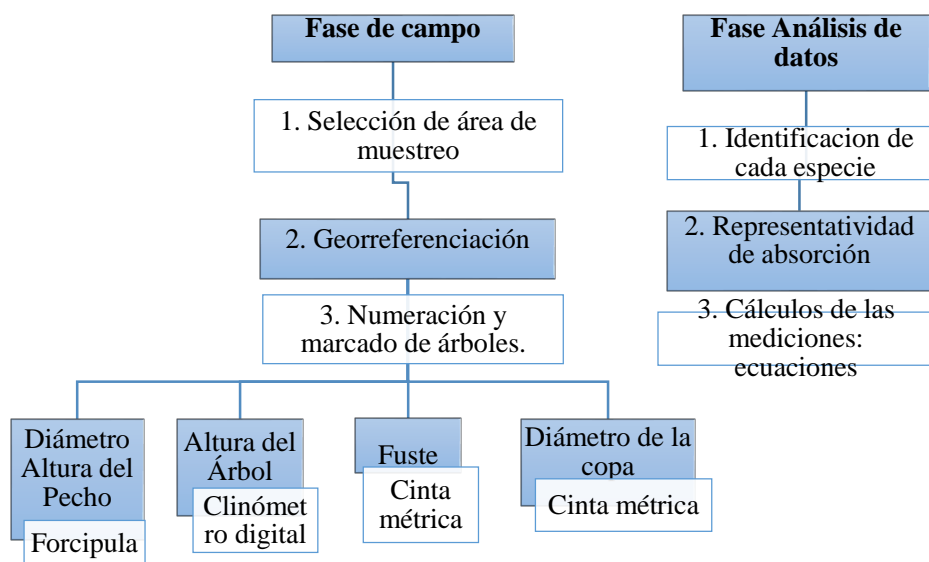
$$1\text{Tn de C} = 3,67 \text{ Tn CO}_2 \quad (\text{Ec. 6})$$

Posteriormente se realizó el balance de las emisiones generadas por el puerto y la compensación provocada por los arboles presentes.

$$\text{Balance} = \text{Emisiones totales} - \text{remociones} \quad (\text{Ec. 7})$$

La metodología que se llevó a cabo para la cuantificación de las remociones de GEI en SPRG se muestra en la figura 7.

Figura 7.



Nota. Esquema de Metodología para cuantificación de las remociones de GEI. Elaboración propia

7.2.6. Cuantificación de las Emisiones de GEI con respecto al Tráfico Total de Mercancías en SPRG (Huella de Carbono).

Para el cálculo de la huella de carbono se definió el siguiente indicador con el fin de relacionar las emisiones de GEI's del puerto con respecto al total del Tráfico de Mercancías. Este indicador vendría a definirse como la cantidad de Kg de CO₂ equivalente emitidas en SPRG por cada tonelada de mercancía (coque) almacenada. El indicador se expresaría como:

$$\text{Huella de Carbono} = \text{Kg de CO}_2\text{-eq} / \text{Tonelada de coque almacenada} \quad (\text{Ec. 8})$$

8. Información recolectada

Las toneladas de coque almacenadas en los patios de SPRG en los meses del año 2015 registran en total:

Tabla 3
Toneladas de coque almacenadas en SPRG

Mes	Toneladas de Coque
Enero	64.789
Febrero	70.751
Marzo	38.837
Abril	68.506
Mayo	49.213
Junio	62.557
Julio	86.900
Agosto	21.000
Septiembre	49.746
Octubre	94.937
Noviembre	39.848
Diciembre	292.098
Total de toneladas	939.182Tn/año

Nota. Adaptado con la información de SPRG.

El consumo de electricidad adquirida por la organización en los meses del año 2015 registra un total de 437.664 KWh. Tal y como se explica en la norma ISO 14064-1:2006, se recomienda que la organización identifique y revise la responsabilidad de los encargados del desarrollo de los inventarios de GEI, para ello se debe desarrollar y mantener un sistema robusto de recopilación de datos, documentar y archivar registros pertinentes del inventario dejando claro el responsable y la fuente de cada dato.

A continuación, se registró la fuente y responsable de los datos recopilados de actividades necesarias para la estimación de la huella de carbono:

Tabla 4

Identificación de fuentes de la información recolectada

Datos de fuente de emisión	Fuente del dato	Responsable
Consumo de combustible en un año	Reporte de ventas	SPRG
kWh de electricidad en un año	Facturas mensuales	SPRG
Toneladas de coque almacenadas	Registro	SPRG
Tipo y cantidad de luminarias de patios portuarios	Conteo-Inventario	Autores*
Tipo y cantidad de equipos de oficina	Conteo-Inventario	Autores*
Tipo y cantidad de equipos de climatización	Conteo-Inventario	Autores*

Nota. Elaboración propia

*Se realizó un conteo guiado por trabajadores de SPRG que colaboraron con la obtención de información y facilitaron el acceso a las instalaciones del puerto.

9. Resultados

9.1 Cuantificación de emisiones por alcance

El cálculo de las emisiones de GEI de la SPRG se realizó de forma general, a partir de la recopilación de los datos de actividad obtenidos para cada una de las fuentes de consumo de energía y los correspondientes factores de emisión, utilizando la ecuación 1:

$$\text{Emisiones de GEI} = \text{Dato de actividad} \times \text{Factor de emisión}$$

- **ALCANCE 1: Emisiones directas**

Para el alcance 1, el dato de actividad proviene del inventario de consumo de combustibles de la SPRG durante el año 2015 y las descargas de coque. Para el caso de aquellos consumos que no están expresados en kWh se procedió a realizar el cambio de unidades, para lo que se utilizaron los coeficientes de transformación de unidades a kWh de la tabla 6.

Tabla 5
Consumo de combustibles en SPRG

Descripción	Consumo(Gal)	Consumo (L)
Actividad de consumo de Diésel	11712,96	44338,38
Actividad de consumo de Gasolina	146,96	556,31
Total	11859,92	44894,69

Nota. Elaboración propia a partir de los registros de consumo suministrados por SPRG. Gal=galones. L=litros.

Tabla 6
Factores de conversión de unidades a kWh

Tipo	De litros a kWh
Gasóleo “A y B”	10,149
Gasóleo “C”	10,305
Gasolina	9,447

Nota. Tomado de EcoPort. Gasóleo o Diesel tipo A es utilizado en vehículos de automoción; el gasóleo B se usa para maquinaria agrícola, pesquera y embarcaciones; el gasóleo C está específicamente concebido para su uso en calderas de calefacción o equipos de producción de calor.

El dato de actividad expresado en kWh se multiplicó por el factor de emisión correspondiente para los gases CO₂, N₂O y CH₄ (Tabla 7). Los resultados de este procedimiento se muestran en la tabla 8.

Tabla 7

Coefficientes de conversión para combustibles en Kg/kWh

Automoción	CO₂	CH₄	N₂O
Gasóleo	0,266	1,4E-05	1,4E-05
Gasolina	0,249	1,36E-05	2,05E-05

Nota. Tomado de IPCC

Tabla 8

Resultados de las emisiones de GEI del alcance 1

Descripción	Consumo combustible (Gal)	Consumo combustible (L)	Consumo en Kwh	Emisiones CO₂ (kg)	Emisiones CH₄ (kg)	Emisiones N₂O (kg)
Actividad de consumo de Diésel	11712,96	44338,38	449990,26	119943,44	6,31	6,31
Actividad de consumo de Gasolina	146,96	556,31	5255,51	1310,09	0,07	0,10

Nota. Autores

A partir de las emisiones de CO₂, NO₂ y CH₄ obtenidas en el paso anterior, se realizó la conversión a CO₂-eq mediante su multiplicación por el coeficiente de calentamiento global de cada uno de los gases.

Tabla 9

Emisiones de CO₂-eq para el alcance 1

	Emisión Diésel (kg)	Emisión Gasolina (kg)	PCG	CO₂ eq Diesel (kg)	CO₂ eq Gasolina (kg)	Total CO₂ eq (kg)
CO ₂	119943,44	1310,09	1	119943,44	1310,09	121253,53
CH ₄	6,31	0,07	25	157,75	1,75	159,5
N ₂ O	6,31	0,1	298	1880,38	29,8	1910,18
Total emisiones						123323,21

Nota. PCG= Potencial de calentamiento global.

Tabla 10

Emisiones de CO₂ eq por el descargue de Coque

Descripción	Emisión CH ₄ (kg)	PCG	Total CO ₂ eq (kg)
Emisión por el descargue de coque	3756,728	25	93918,2

Nota. PCG= Potencial de calentamiento global.

Por último, se realiza la suma de emisiones expresadas en CO₂-eq para obtener el total de emisiones del alcance 1 = Emisión por combustión de diésel + Emisión por combustión de gasolina + Emisión por descargue de coque. El total de emisiones del alcance 1 es de 217241,41 kg CO₂-eq = 217,241Tn CO₂-eq

- ALCANCE 2: Emisiones indirectas**

Para el alcance 2, el dato de actividad proviene del inventario de consumo eléctrico durante el año 2015. Para este caso, el consumo está expresado en kWh, y se multiplicó por el factor de emisión correspondiente a “Mix generación eléctrica” para los gases CO₂, N₂O y CH₄ (Tabla 11). Los resultados de este procedimiento se muestran en la tabla 12.

Tabla 11

Coeficientes de conversión para energía en Kg/kWh

Energía	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Fuئل Oil Generación energía	0,27841727	1,0791E-05	2,1583E-06
Gasóleo Generación energía	0,26654676	1,0791E-05	2,1583E-06
Gas de refinería Generación	0,20719424	3,5971E-06	3,5971E-07
Gas natural Generación	0,20179856	3,5971E-06	3,5971E-07
Carbón lignito	0,36330935	3,5971E-06	5,3957E-06
Mix Generación eléctrica	0,28271761	2,5013E-06	5,0709E-07

Nota. Tomado de IPCC (2006)

Tabla 12

Resultados de emisiones GEI de alcance 2

Descripción	Consumo en kWh	Emisiones de CO ₂ (kg)	Emisiones de CH ₄ (kg)	Emisiones de N ₂ O (kg)
Actividad de consumo de electricidad	437664	123735,320	1,0947	0,2219

Nota. Elaboración propia.

Finalmente, se realizó la conversión a CO₂-eq mediante la multiplicación de las emisiones por el coeficiente de calentamiento global de cada uno de los gases.

Tabla 13

Emisiones de CO₂-eq para el alcance 2

	Emisión (Kg)	PCG	CO ₂ eq (Kg)
CO ₂	123735,32	1	123735,32
CH ₄	1,094729	25	27,37
N ₂ O	0,221935	298	66,14
Total emisiones			123828,82

Nota. PCG= Potencial de calentamiento global.

Con la suma de todas las emisiones se calcula que el total de emisiones para el alcance 2 (emisiones indirectas) fue igual a 123828,825 kg CO₂-eq

En la siguiente tabla se muestran los resultados consolidados de las emisiones, con su respectivo porcentaje.

Tabla 14

Emisiones GEI consolidadas

Descripción	Consumo en Kwh	Kg de CO ₂	Kg de CH ₄	Kg de N ₂ O	kg CO ₂ -eq	% Total
Total Alcance 1	455245,775	121253,544	6,385	6,421	217241	63,69
Total Alcance 2	437664	123735,320	1,095	0,222	123828	36,30
TOTAL	892909,775	244988,864	7,479	6,643	341069	100

Nota. Autores

Teniendo en cuenta los resultados de las emisiones de CO₂ equivalente, se estableció una relación entre dichas emisiones y el volumen de mercancía (coque) transportada internamente en el puerto. Esta relación corresponde a la siguiente ecuación:

$$HC \text{ (Kg CO}_2 \text{ eq/Tn movida)} = \text{Emisiones totales de GEI's/Tráfico Total} \quad (\text{Ec. 8})$$

En un primer escenario, se calculó la huella de carbono sin tener en cuenta las remociones por biomasa en SPRG. Para esto solo se usó el dato de emisiones del alcance 1 y 2. Según los datos suministrados en la tabla 3, la cantidad de toneladas movidas en el 2015 es igual a 939182 Tn.

$$HC = 341069 \text{ Kg CO}_2 / 939182 \text{ Tn}$$

$$HC = 0,36 \text{ Kg CO}_2\text{-eq/Tn movida}$$

En un segundo escenario, se tuvo en cuenta que SPRG remueve de sus emisiones 284715 Kg CO₂-eq, por lo que su huella de carbono queda expresada así:

$$\text{Balance} = 341,073 \text{ Tn} - 284,715 \text{ Tn} = 56,35 \text{ Tn de CO}_2\text{-eq}$$

$$HC = 56350 \text{ Kg CO}_2 / 939182 \text{ Tn}$$

$$HC = 0,06 \text{ Kg CO}_2\text{-eq/Tn movida}$$

Al aplicar esta ecuación se obtuvo que la huella de carbono para el año 2015 de la Sociedad Portuaria Río Grande es de 0,06 Kg CO₂-eq /Tn movida.

9.2 Cuantificación de remociones

Tabla 15

Variables medidas para el cálculo de la remoción de biomasa

Especie	\overline{DAP}	ρ (Tn/m ³)	FF	FEB	área basal	Biomasa total	Carbono almacenado
<i>Prunus dulcis</i> (Almendra)	0,325	0,65	0,7	1,66	0,083	0,430	0,215
	0,65	0,65	0,7	1,66	0,352	2,449	1,224
<i>Laurus nobilis</i> (Laurel)	0,227	0,46	0,7	1,66	0,040	0,108	0,054
	0,42	0,46	0,7	1,66	0,138	0,407	0,203

Nota: \overline{DAP} es el promedio de los diámetros de altura al pecho. ρ (Tn/m³): Peso específico de madera en toneladas/metros cúbicos. FF: Factor de forma, medida adimensional. FEB: Factor de expansión biomasa, medida adimensional.

Tabla 16

Dióxido de carbono absorbido por las especies de almendra y laurel

Especie	Carbono almacenado	Árboles totales	Carbono total almacenado (Ton)	CO ₂ absorbido (Ton)
<i>Prunus dulcis</i> (Almendra)	0,215	90	20,578	75,522
	1,224	1		
<i>Laurus nobilis</i> (Laurel)	0,054	154	57	209,193
	0,203	239		

Nota. Ton: toneladas. CO₂: Dioxido de carbono. El total de carbono almacenado es multiplicado por 3.67 para convertir el carbono almacenado en dioxido de carbono absorbido.

Para la realización de los cálculos de biomasa de las especies de almendra y laurel ubicadas en la SPRG se emplearon los datos presentados en la tabla 14, donde el peso específico de cada especie fue obtenido del Catálogo del herbario Nacional Colombiano (Bernal, 2010). El DAP es el diámetro a la altura del pecho, donde para cada especie se tomaron 2 promedios, la especie *Prunus dulcis* tiene 91 árboles de los cuales 90 tienen un DAP con un rango de 0,18 a 0,47 metros, obteniendo un promedio de 0,325m, y el árbol restante posee un diámetro de 0,65m garantizando mayor absorción. Para la especie *Laurus nobilis* se tienen 154 árboles con valores de DAP entre 0,2 y 0,254m dando un valor de 0,227, y 239 árboles con valores entre 0,4 y 0,46m dando un valor de 0,42m. Todos los árboles medidos se encuentran en los patios de almacenamiento de coque formando barreras para la contención del material particulado

proveniente de las pilas del mineral, es posible la reducción de las emisiones GEI debido a su posición y la cantidad de los árboles jóvenes y en crecimiento que se destacan en las zonas de operación.

Teniendo en cuenta que los árboles son implementados como barreras vivas para el material particulado producido por el almacenamiento de coque y operaciones realizadas por la empresa, los valores de Factor de forma (FF) y factor de expansión de biomasa (FEB) son de 0,7 y 1,66 respectivamente con base al análisis destructivo realizado en la Tesis de Licenciatura en Ingeniería Forestal (Gomez, 2014).

10. Análisis de resultados

10.1 Emisiones GEI generadas por la SPRG

Se observa que el alcance 1, que está compuesto por el consumo de combustibles fósiles, representa la mayor cantidad de las emisiones de GEI, correspondiente al 63,7% de las emisiones totales. De estas emisiones directas, la mayoría es producto de la combustión producida por el consumo de diésel generado por los tractocamiones y demás vehículos que operan dentro del puerto con un total de 121981,38 kg CO₂-eq y en menor porcentaje se encuentran las emisiones por consumo de gasolina con un total de 1341,14 kg CO₂-eq.

Al realizar las comparaciones con otros puertos se observa que por ejemplo con respecto a la Huella de Carbono del Puerto Arica, ubicado en Chile, sus emisiones directas alcanzaron un porcentaje del 24% mucho menor que el que se aprecia en la SPRG, se deduce que este alcance es el más significativo en la SPRG, debido a que no cuentan con transporte marítimo ni muelle para las operaciones y transporte del coque, solo se cuenta con transporte terrestre, incrementando así significativamente las emisiones procedentes del combustibles fósiles, además dentro de las instalaciones no se cuentan con tecnologías limpias e innovadoras como carros eléctricos o energía renovable que los sustituyan.

El alcance 2, representando por el consumo eléctrico, se compone principalmente del alumbrado de los patios requerido para operaciones nocturnas y de seguridad, y del consumo eléctrico en oficinas de personal. Estas emisiones indirectas corresponden al 36,3% de las emisiones totales de gases GEI. Teniendo en cuenta que las instalaciones de la SPRG tienen comercio internacional trabajan las 24 horas, siendo indispensable el alumbrado la mayoría del tiempo, además de no contar con sensores de luz en lugares de poca frecuencia de tránsito o energías renovables como paneles fotovoltaicos, estas emisiones indirectas tienden a ser altas.

Tomando como referencia los resultados de otros puertos o terminales marítimos, se han comparado las emisiones de los diferentes alcances. Como se mencionó anteriormente, Puerto Valencia (España) calculó su huella de carbono del año 2014 obteniendo un mayor porcentaje en el alcance 3 (98%). De igual forma, el cálculo realizado al terminal de Puerto Mejillones (Chile) mostró que el 1% de las emisiones provienen de emisiones directas (Alcance I); el 26% corresponde a emisiones indirectas por electricidad (Alcance II); y el 73% provienen de otras emisiones indirectas (Alcance III). Sin embargo, para el caso de la SPRG no se realizó la estimación incluyendo el alcance 3, debido a lo poco representativo que eran las emisiones para este alcance ya que SPRG no cuenta con un muelle donde se realicen escala de buques, a diferencia de otros puertos que en su mayoría las emisiones son generadas por las escalas de los buques en el puerto. Además, que la información requerida era de difícil acceso y no pudo ser facilitada por la SPRG, ya que el tamaño y número de terceros era muy pequeño y no proporcionaba valores significativos.

10.2 Análisis remoción de CO₂

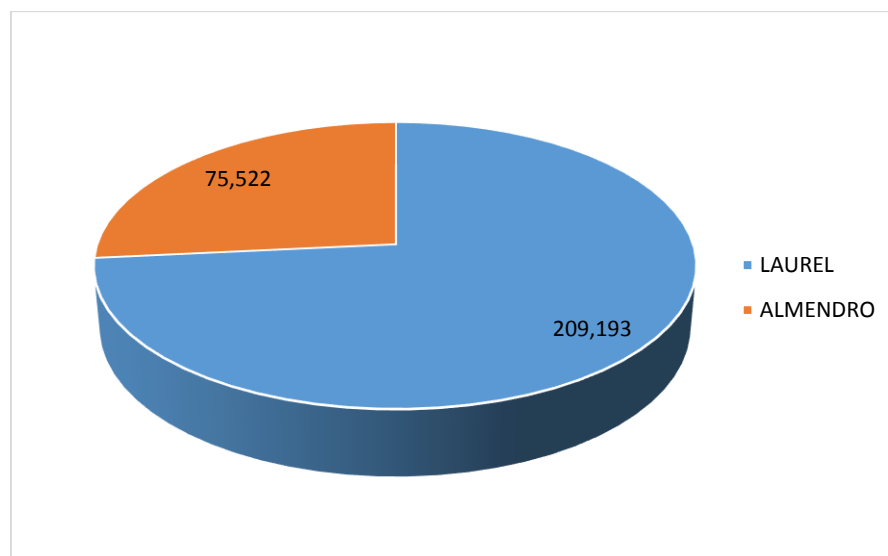
Con respecto a la remoción de las emisiones generadas por las barreras vivas en la tabla 16 “*Dióxido de carbono absorbido por las especies de Almendro y laurel*”, se aprecia que el laurel es la especie dominante con 393 individuos en la SPRG y su absorción es 3 veces mayor que la del almendro, teniendo en cuenta el carbono almacenado y la cantidad de árboles correspondientes a cada especie se le realizó la conversión, donde 1 Tonelada de Carbono equivale a 3,67 Toneladas de CO₂, obteniendo el resultado total de su absorción respectivamente.

En la gráfica 1 se puede apreciar que la especie *Laurus Nobilis* (Laurel) absorbe 209,193 toneladas de CO₂ mientras que el almendro almacena 75,522 toneladas de CO₂, lo anterior se ve fundamentado debido a la gran captación que posee éste, pues son árboles con maderas duras de

altas densidades y dimensiones, obteniendo así gran porcentaje de biomasa cuando alcanzan la edad madura, aumentando significativamente la cantidad de lignina presente en su corteza, y por ende su almacenamiento de dióxido de carbono se incrementa. La madera del árbol de Laurel es apreciada por su dureza y se ve reflejado en la aplicabilidad de su tronco pues se utiliza en aquellos trabajos que requieran un soporte fuerte, como la construcción de vigas y pilotes (Escandón, 2002).

Es válido aclarar que otro factor que está relacionado directamente con la mayor absorción de CO₂ es el manejo adecuado que se le realicen a las plantaciones, en los árboles encontrados en la SPRG se pudo apreciar que ninguno de los individuos se encontraba con evidencia alguna de comején, bacterias, hongos o pajarita (planta parásito que afecta los árboles), a pesar que la especie *Laurus Nobilis* es propensa a la infesta de hongos en su tronco, el mantenimiento realizado por el puerto ha sido clave para la conservación y buen estado de las especies (Brown, 2002).

Figura 8.



Nota. Remoción de toneladas de CO₂ por especie. Autores

Tabla 17

Relación entre DAP y CO₂ absorbido

Especie	DAP	Carbono Almacenado	Ton de CO₂ absorbido
<i>Prunus dulcis</i> (Almendro)	0,325	0,215	0,789
	0,65	1,224	4,49

Nota: Autores

En la tabla 17 se puede apreciar la diferencia entre el almacenamiento de carbono de árboles que poseen un diámetro a la altura del pecho con un rango entre 0,28m a 0,46m y árboles que tienen 0.65m o más DAP, el primero puede absorber 0,789 toneladas de CO₂ sin embargo el segundo puede llegar almacenar cerca de 1,22494535 toneladas de Carbono, absorbiendo así aproximadamente 4.49 toneladas de dióxido de carbono, según Brown (2002) los árboles al tener un gran volumen, van a tener una biomasa considerablemente alta y por ende un coeficiente de absorción mayor, siendo de gran beneficio para la SPRG pues que con varios árboles jóvenes que puedan alcanzar dichas magnitudes se puede realizar una compensación eficiente, ya que las especies con un DAP muy alto, mayores de 50 cm, pueden equivaler a aproximadamente un 40% de la biomasa aérea en pie total, aun cuando esos árboles correspondan a menos de 5% del total de los árboles (Brown, 2002).

11. Medidas para la reducción de la huella de carbono

Teniendo en cuenta las emisiones generadas por las actividades industriales de la SPRG y la compensación producida por las barreras vivas se puede deducir que el puerto debe implementar medidas enfocadas a la reducción y mantenimiento de su huella de carbono en niveles bajos y en la medida de lo posible que sean nulos, además contribuir en la preservación y protección del medio ambiente garantizando así un desarrollo sostenible para la empresa y la calidad de vida no solo para los trabajadores sino también a la comunidad aledaña.

El objeto de este apartado es identificar aquellas acciones y buenas prácticas susceptibles de implementar en instalaciones portuarias para la reducción de consumo, y por ende, de emisiones GEI. Para ello se procederá a enumerar aquellas acciones que son susceptibles de producir mejoras, así como aquellas que por su potencial de reducción pueden ser de interés siempre que sea viable su aplicación y estén siendo aplicadas en el ámbito portuario internacional.

Durante la operación del puerto, el escape de partículas en los lugares donde se manipula el mineral y se manipulan equipos, es inevitable. Entre algunos procedimientos o medidas a implementar para la reducción de emisiones es el control de velocidad de los vehículos pesados y livianos dentro de las instalaciones donde se almacena el coque, humectación continua en vías de tránsito, establecimiento de cobertura vegetal en áreas descubiertas y recubrimiento de las bandas transportadoras de coque, además de la minimizar en lo posible el tránsito innecesario de los vehículos alrededor de las pilas del mineral.

Para la disminución de las emisiones GEI producido por el consumo de electricidad una de las medidas que se proponen es el cambio de las bombillas y alumbrado en las oficinas y patios

de almacenamiento por lamparas LED, implementación de energías renovables como los paneles solares debido a la infraestructura y espacios a cielo abierto existentes en el puerto que permite la fácil adecuación y funcionamiento. Además de realizar mantenimientos preventivos a las instalaciones eléctricas para evitar accidentes, a los dispositivos de consumo de energía como los aires acondicionados y los refrigeradores, si es posible el cambio de los dispositivos obsoletos por equipos ambientalmente sostenible. Para evitar el consumo excesivo de combustible y minimizar las emisiones GEI de esta actividad se recomienda realizar mantenimiento preventivo cada 3 meses o cuando se cumplan los 12000km, teniendo en cuenta el cambio de llantas y el cambio de aceite, y en lo posible adquirir equipos con motores de inyección y provistos de catalizadores. Por otro lado, se debe incentivar a los empleados medidas de ahorro de energía como apagar los dispositivos electrónicos que no estén en uso, apagar las luces en instalaciones deshabitadas y adecuar luces con sensores en espacios con poca frecuencia en tránsito.

Teniendo en cuenta los resultados de las remociones se propone realizar programas de reforestación para reincorporar vegetación en zonas áridas de las instalaciones del puerto, la especie recomendada es *Laurus Nobilis* sabiendo que estos árboles absorben mayor cantidad de CO₂ y son de fácil acceso y manejo en su adecuación como barreras vivas y contraviento alrededor de los patios de almacenamiento.

Por último, se deben realizar programas de sensibilización y capacitación a empleados y funcionarios sobre temas orientados al cuidado del medio ambiente, uso eficiente de la energía, prevención y generación de los GEI, talleres de capacitación sobre la correcta operación de equipos con el fin de lograr mayor eficiencia en el consumo.

Tabla 18

Medidas propuestas para la reducción de la Huella de Carbono

Aspecto ambiental	Medidas de implementación para la reducción de la HC
Material Particulado	<p>Humectación de las vías de tránsito aledañas a las pilas de coque.</p> <p>Ubicar estratégicamente las pilas de coque, verificando la acción del viento mediante la implementación de programas de WRPLOT view (Windrose Plotting Software)</p> <p>Control de velocidad de los vehículos pesados y livianos dentro de las instalaciones donde se almacena el coque.</p> <p>Establecimiento y mantenimiento de cobertura vegetal en áreas descubiertas.</p> <p>Recubrimiento de las bandas transportadoras de coque.</p> <p>Adecuar mayor cantidad de barreras vivas y contraviento alrededor de los patios de almacenamiento.</p> <p>Minimizar en lo posible el tránsito innecesario de los vehículos alrededor de las pilas del mineral.</p>
	<p>Sustitución de equipos por otros que funcionen con refrigerantes de menor Potencial de Calentamiento Global.</p>
	<p>Aprovechamiento de luz natural, limpieza regular de ventanas.</p>
	<p>Implementar el uso de energías renovables, como paneles solares fotovoltaicos.</p>
	<p>Realizar mantenimiento preventivo a los aires acondicionados y equipos de refrigeración</p>
	<p>Adquirir motores de inyección o que posean catalizadores.</p>
Emisiones GEI	<p>Realizar mantenimiento preventivo a los vehículos pesados y livianos cada 3 meses o cuando se cumplan los 12mil kilómetros, teniendo en cuenta el cambio de neumáticos, cambio de aceite y revisión aerodinámica.</p>
	<p>Realizar capacitaciones a empleados y contratistas sobre la prevención y generación de los GEI.</p>
	<p>Incentivar a los empleados medidas de ahorro de energía: apagar los dispositivos electrónicos que no estén en uso, apagar las luces en instalaciones deshabitadas, adecuar luces con sensores en espacios de uso esporádico.</p>
Consumo de energía	<p>Sustitución de lámparas halógenas convencionales por lámparas halógenas IRC para el ahorro energético.</p>

Cambio de bombillas y alumbrado en oficinas y patios de almacenamiento por Bombillas o lámparas LED.

Revisión periódica a los equipos para identificar su eficiencia.

Realizar mantenimientos y chequeos en las instalaciones eléctricas para evitar accidentes.

Talleres de capacitación sobre la correcta operación de equipos con el fin de lograr mayor eficiencia en el consumo.

Desarrollar programas orientados al cuidado del medio ambiente, reduciendo el consumo de energía eléctrica y utilización de la climatización responsable

Nota. Autores

12. Conclusión

Se puede concluir que todos los objetivos propuestos se cumplieron satisfactoriamente, la implementación de la ISO 14064 para la cuantificación de la huella de carbono en la SPRG del año 2015 se realizó teniendo en cuenta los alcances 1 y 2, concluyendo que la mayor cantidad de emisiones GEI pertenece al alcance 1 con un valor de 217,241 Tn CO₂-eq, correspondiente a las actividades de consumo de combustibles y descargue de coque. El cálculo de la huella de carbono permitió obtener información precisa para mejorar la gestión medioambiental de la organización, permitiendo conocer aquellas actividades con las que se está contribuyendo a aumentarla y pudiendo implementar las medidas para su reducción.

Con respecto a la mitigación de los impactos provocados por las actividades ejecutadas en el puerto, las barreras vivas ubicadas estratégicamente en la SPRG han mitigado y reducido las emisiones GEI, absorbiendo aproximadamente 284,715 Tn de CO₂-eq, siendo beneficioso para la organización ya que sus emisiones están siendo compensadas, sin embargo, se busca la sostenibilidad ambiental controlando y disminuyendo desde la fuente las emisiones generadas, por ello algunas de las medidas propuestas son realizar mantenimientos preventivos y programas de educación ambiental. Además de aumentar las barreras vivas, ya que, según el estudio de las mediciones de remoción, se obtuvo que la especie *Laurus nobilis* (Laurel) son árboles con maderas duras de altas densidades y dimensiones que obtienen gran porcentaje de biomasa cuando alcanzan la edad madura, aumentando significativamente la cantidad de lignina presente en su corteza, y por ende su almacenamiento de CO₂-eq.

Para la SPRG es de gran importancia la cuantificación de la Huella de Carbono y la implementación de las medidas de reducción, ya que así es posible lograr una mejora de su

sostenibilidad medioambiental, además de tener una ventaja competitiva e imagen de responsabilidad con la comunidad y el medio ambiente.

La inclusión de fuentes de emisión dentro de la categoría “Alcance 3” es opcional, sin embargo, para mediciones futuras de la huella de carbono se sugiere ampliar los límites operativos para incluir en su inventario de GEI las emisiones asociadas a los suministros y servicios contratados. Esto implica incluir el concepto de ciclo de vida dentro del inventario, haciendo participe a los contratistas del concepto de inventario de GEI y de la importancia de conocer las emisiones asociadas a sus suministros o actividades. Se deben solicitar los datos de actividad como parte del levante del inventario de la organización, y en caso necesario, colaborar para la obtención de los mismos. Estos datos deben ser verificados con el objeto de depurar posibles errores y conocer la trazabilidad de los mismos.

Como se mencionó anteriormente, dentro de este alcance se recomienda excluir aquellas emisiones que poseen una baja representatividad respecto al total de emisiones (menos del 1%), y aquellas de complejidad de cálculo o estimación, como pueden ser las derivadas de la movilidad de los trabajadores de la organización. Sin embargo, como SPRG maneja rutas para los empleados, podría incluir esta fuente de emisión si registra los datos de km recorridos o combustible consumido específicamente por los vehículos de estas rutas.

Estas dos acciones permitirán realizar un cálculo más robusto de la huella de carbono de la organización para los próximos años, ayudando a cumplir con la cobertura total, el cual es uno de los cinco principios de la norma ISO 14064 que conlleva hacer la contabilidad y el reporte de manera íntegra, abarcando todas las fuentes de emisión de GEI y todas las actividades incluidas en el límite del inventario.

13. Bibliografía

- AENOR Perú. (s.f.). *Credibilidad en la gestión y comunicación de las emisiones de gases de efecto invernadero*. Obtenido de <http://www.aenorperu.com/otros-servicios/cambio-climatico/>
- Barrón, C. (Octubre de 2017). *Puertos del mundo, obligados a reducir la huella de carbono*. Obtenido de <http://www.lineadirectaportal.com/movil/publicacion.php?id=357581&origen=s&seccionID=&back=seccion.php?seccionID=5&seccion=Sur>
- Bernal. (1 de 2 de 2010). *Catalogo del herbario Nacional*. Obtenido de <http://ciencias.bogota.unal.edu.co/icn/colecciones-cientificas/herbario/>
- Brown. (2002). *Measuring Carbon in forest: Current status and future challenges*. *Enviromental Pollution*. Obtenido de http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6VB5-44JYXWH3&_user=10&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&view=c&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=7478dc74243dcabdad7e9476b82fe1f
- Caballero, M. (2007). *Efecto invernadero, calentamiento global y cambio climático: una perspectiva desde las ciencias de la tierra*. Obtenido de SSN:1067-6079: http://www.revista.unam.mx/vol.8/num10/art78/oct_art78.pdf
- Carballo, A. (2009). El MC3 una alternativa metodológica para estimar la Huella Corporativa de Carbono (HCC). *Desarrollo Local Sostenible*.
- Carballo, A. J. (2009). *El ecoetiquetado en base a la huella ecológica y del carbono: una herramienta de marketing verde*. *UAI Sustentabilidad*. Obtenido de <http://www.scopenvironment.org/downloadpubs/indexpub.htm>
- Carbone, B. (2011). *Greenhouse and climate change*. Obtenido de <http://www2.ademe.fr/servlet/KBaseShow?sort=-1&cid=96ym=3ycatid=15730>.
- Cardona, J. M. (2004). *Glosario Multilingue de Terminología Forestal (español, japonés, inglés, francés y portugués)*. Primera Edición. 350 p.
- CT, C. T. (2007). *Carbon footprint measuring methodology*. *The Carbon Trust*. Obtenido de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652611000862>
- De La Torre, A. P. (2009). *Desarrollo con menos carbono: respuestas latinoamericanas al desafío del cambio climático*. . Washington D.C.
- Dómenech, J. C. (2008). *Huella ecológica portuaria y desarrollo sostenible*. . Obtenido de <http://www.redalyc.org/html/391/39117211/>
- Environmental Protection Agency* . (02 de 05 de 2016). Obtenido de <https://www.epa.gov/greenchemistry/basics-green-chemistry#twelve>

- Escandón, J. (2002). *Instituto Nacional de Ecología. Captura de carbono*. Obtenido de http://www.ine.gob.mx/dgicurg/cclimatico/ppiloto/ppiloto_4.html
- Gayoso, j. (2008). *Bosques PROcarbono*. Obtenido de https://www.uach.cl/procarbono/quienes_somos.html
- Gomez. (2014). *Tesis licenciatura forestal*. Obtenido de <http://Emisionesgases/efectoinvernadero/biomasa/aereas.pdf>
- Hertwich, E. y. (2009). *Carbon Footprint of Nations: A Global, Trade-Linked Analysis. Environmental Science & Technology*, . Obtenido de <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es803496a>
- IDEAM. (2015). *Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales*. Obtenido de http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023421/cartilla_INGEI.pdf
- IDEAM. (2016). *Inventario nacional y departamental de Gases Efecto Invernadero – Colombia. Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático*. Obtenido de <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023634/INGEI.pdf>
- Ihobe S.A. y Gobierno Vasco. (2012). *Guía metodológica para la aplicación de la norma UNE-ISO 14064:1 para el desarrollo de inventarios de gases de efecto invernadero en organizaciones*. Bilbao: Ihobe.
- Instituto Tecnológico de Costa Rica. (2012).
- IPCC. (2006). *Directrices del IPCC para los Inventarios de Gases de Efecto invernadero. Intergovernmental Panel on Climate Change (Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático)*. Obtenido de www.ipcc.ch.
- ISO, 1. (2016). Obtenido de www.ISO.org.co
- Jancovici. (2009). *Herramienta para conocer las emisiones de gases de efecto invernadero de una empresa o administración: el "balance de carbono" de la ADEME*. Obtenido de http://www.manicore.com/missions/bilan_carbone.html.
- Madrid, U. P. (14 de noviembre de 2006). www.upm.es. Obtenido de <http://www.upm.es/sfs/Rectorado/Gerencia/Prevencion%20de%20Riesgos%20Laborales/Informacion%20sobre%20Prevencion%20de%20Riesgos%20Laborales/Manuales/folleto%20LABORATORIOS%20QUIMICA%2014nov2006.pdf>
- MADS. (2014). *Colombia hacia COP21*.
- MADS. (2016). *Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible*. Obtenido de www.minambiente.gov.co/emisiones-gases-efecto-invernadero
- MAVDT. (30 de Diciembre de 2005). *Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, Alcaldía de bogota* . Obtenido de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=18718>

- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Fundación Natura y WWF Colombia. (2016). *El plan de París. Así actúa Colombia frente al cambio climático*. Santiago de Cali: WWF Colombia.
- Moran, G. (2016). *Propuesta operacional para el suministro de Gas Natural Licuado a busques en el Puerto de Barcelona*. Barcelona.
- Network, G. F. (2006). *Ecological footprint and biocapacity*. . Obtenido de <http://science.sciencemag.org/content/292/5515/281>
- Pandey, D. M. (2010). *Carbon footprint: current methods of estimation*. *Environmental Monitoring and Assessment*. Obtenido de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187661021501007>
- Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD]. (2014). *Compensaciones de gases de efecto invernadero en paisajes cafeteros de Colombia*. Bogotá: Autor.
- Puerto de Barranquilla. (2017). *Grupo Empresarial Puerto de Barranquilla*. Obtenido de <http://www.puertodebarranquilla.com/index.php/grupo-empresarial-puerto-de-barranquilla/>
- Rodríguez, A. (2014). *Causas del Calentamiento Global*. *Revista de Obras Públicas*. Obtenido de ISSUE 3556. Vol. 161 p11-24. 13p: <http://web.a.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=2&sid=2c50e853-09d0-4229b938aaa76df82fdf%>
- ROHR, J. R. (2013). *Climate Change, Multiple Stressors, and the Decline of Ectotherms*. . Obtenido de <http://web.b.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=8&sid=b5e2337d-98f0-432f-b60d-8b6a35eb0bd7%40sessionmgr112&hid=106&bdata=Jmxhbmc9ZXMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#db=8gh&AN=89150538>.
- Rügnitz, M. T. (2009). *Guía para la determinación de Carbono en Pequeñas Propiedades Rurales. 1a. Ed. Centro Mundial Agroforestal (ICRAF)*. LIMA PERU.
- Standards, B. I. (2010). *Specification for the assessment of the life cycle greenhouse emissions of goods and services*. Obtenido de <http://www.bsigroup.com/en/Standards-and-Publications/Industry-Sectors/Energy/PAS-20>
- Torres, F. (2012). *Guía para el cálculo y gestión de la huella de carbono en instalaciones portuarias por niveles*. Valencia: Autor.
- UN. (2012). *La ONU y el cambio climático*.
- Naciones Unidas (2005). *Protocolo de kyoto de la convención marco de las naciones unidas sobre el cambio Climático*. Obtenido de <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpsan.pdf>
- United Nations Framework Convention on Climate Change [UNFCCC]. (2014). *Misión y objetivos*. Obtenido de

- http://unfccc.int/portal_espanol/informacion_basica/la_convencion/objetivos/items/6199.php
- Valencia, T. F. (2012). *“Guía para el cálculo y gestión de la huella de carbono en instalaciones portuarias por niveles”*. Valencia: ISBN 978-84-945506-0-7.
- Viglizzo, E. (2010). *Huella de carbono, ambiente y agricultura en el Cono Sur de Sudamérica*. Montevideo: Boscana SRL.
- Warrick. (2015). *The Greenhouseeffect, climatic change. ecosystems*. Paris.
- Wiedmann, T. y. (2008). *A Definition of Carbon Footprint In: C. C. Pertsova, Ecological Economics Research Trends* . Hauppauge NY, USA: Nova Science Publishers, .
- WRI, R. I. (2009). *The Greenhouse Gas Protocol, A Corporate Accounting and Reporting Standard*. Obtenido de <http://www.ghgprotocol.org/files/ghgp/public/ghg-protocol-revised.pdf>..

Anexos

Anexo 1. Inventario de las lámparas de área de almacenamiento de SPRG

Patio	Cantidad	Tipo
A	22	Poste
Canal patio B	32	Poste
B	32	Poste
D	26	Poste
E	28	Poste
Total	140	

Nota. Elaboración propia

Anexo 2. Inventario de los equipos electrónicos de SPRG

Equipo electrónico	Tipo	Cantidad
Switch ALCATEL LUCENT OS 6250-24M	Switch	3
Maquina cafetera	Cafetera	1
Pc Intel portátil Core I5 LENOVO	Portátil	1
CPU 320w/h	CPU	3
Impresora láser HP P1102W	Impresora	1
Monitor LENOVO	Monitor	3
Fax PANASONIC	Fax	1
Teléfono ALCATEL LUCENT	Teléfono	2
Nevera SAMSUNG	Nevera	1
Microondas WHIRLPOOL	Microondas	2
Dispensador de agua AQUANAQ	Dispensador	2
Dispensador de agua ABBA	Dispensador	3
Abanico SAMURAI	Abanico	4
Báscula Industrial	Báscula	1
Indicador DD1050	Lector digital	1
Extractor	Extractor	1
Nevera HACEB	Nevera	1
Aire acondicionado modelo FCD410-060VVA	Aire	1
Aire Star Light	Aire	2

Nota. Elaboración propia.

Anexo 3. Medición del DAP



Anexo 4. Medición de la altura del árbol con el clinómetro.



Anexo 5. Metodologías de cálculo de huella de carbono más utilizadas en Europa y en el mundo.

Metodología	Ámbito de Aplicación	Enfoque
Carbon Disclosure Project (CDP)	Aplicación voluntaria y de ámbito global.	Organización
WBCSD/WRI GHG Protocol Organización Standard	Aplicación voluntaria y de ámbito global. Ampliamente reconocida.	Organización
ISO 14064: 2006 (Partes 1 and 3)	Aplicación voluntaria y de ámbito global. Estándar internacional verificable	Organización
French Bilan Carbone	Aplicación voluntaria y de ámbito europeo.	Organización
DEFRA Company GHG Guidance	Aplicación voluntaria y de ámbito europeo. Ampliamente reconocida	Organización
UK Carbon Reduction	Aplicación obligatoria y de ámbito europeo. Cubre a los pequeños emisores	Organización
US EPA Climate Leaders	Aplicación voluntaria y de ámbito USA. Inventory Guidance Provee incentivos	Organización
US GHG Protocol Public	Aplicación voluntaria y de ámbito USA Sector Standard y al sector público	Organización
PAS 2050	Aplicación voluntaria. Procedencia UK	Producto
KOREA PCF	Aplicación voluntaria. Metodología creada en Corea	Producto
Carbon Footprint Program	Aplicación voluntaria. Procedencia Japón	Producto
Carbon Index Casino	Aplicación voluntaria. Procedencia Francia	Producto
Greenext	Aplicación voluntaria. Procedencia Francia	Producto
Climate Certification System	Aplicación voluntaria. Procedencia Suecia	Producto
Climatop	Aplicación voluntaria. Procedencia Suiza	Producto
GHG Protocol- Product Life Cycle	Aplicación voluntaria. Accounting and Reporting Standard Ámbito Global	Producto
ISO 14067	Aplicación voluntaria. Ámbito Global	Producto

Nota. Observatorio de la Sostenibilidad en España (OSE)